

Anat.

250

Anat. 250

Kuhnt

Zur Kenntniss
des
Sehnerven und der Netzhaut.

I. Structur des Sehnerven

von

Dr. med. Hermann Kuhnt.

BERLIN, 1879.

Hermann Peters,
Mohrenstr. 28.

Zur Kenntniss
des
Sehnerven und der Netzhaut.

I. Structur des Sehnerven,
als

Habilitationsschrift

der hohen medicinischen Facultät der Universität
Heidelberg vorgelegt

von

Dr. med. Hermann Kuhnt.

Berlin, 1879.

HERMANN PETERS,
Mohrenstr. 28.



Herrn

Professor Dr. Otto Becker

dankbarst gewidmet

vom

Verfasser.

I n h a l t.

	Seite
Literarische Uebersicht	2
Eigene Untersuchungen	14
A. Makroskopische Beschreibung	14
B. Mikroskopische Befunde:	
Durale Scheide	17
Arachnoideale Scheide	22
Piale Scheide	24
Septensystem des markhaltigen Sehnerven . .	27
Centraler Bindegewebsstrang	30
Configuration des Durchtrittsloches des Sehnerven	36
Structur der angrenzenden Choroidea	38
Structur der angrenzenden Sclera	43
Uebergang der Scheiden in die formgebenden	
Häute des Bulbus:	
der Dura optici in die Sclera	46
der Pia optici in die Sclera	48
der Pia optici in die Choroidea	50
Lamina cribrosa	51
Plexus ciliaris vasorum centralium	57
Centraler Bindegewebs-Meniscus	60
Nervenfaserbündel:	
Nervenfasern	65
Neurogliakerne	69
Neuroglia	72
Intermediäres Gewebe	78
Endigungsarten der Netzhaut am Opticus . .	86
Schätzung der Nervenfaserzahl im Opticus . .	88
Entwicklungsgeschichtliche Notizen:	
Scheiden	90
Nervenstamm	99
Intermediäres Gewebe	103
Literatur	106
Erklärung der Figuren	109
Hierzu 1 Figuren-Tafel.	

Zur Kenntniss des Sehnerven und der Netzhaut.

Von

Dr. med. Hermann Kuhnt,
Assistenzarzt a. d. Augenlinik zu Heidelberg.

Hierzu eine Tafel.

I. Die Structur des Sehnerven.

Die folgende Abhandlung bildet den ersten Theil einer abgeschlossenen und auch nahezu vollendeten Arbeit über den Bau des Sehnerven und der Netzhaut. Der zweite Theil soll die Histologie der eigentlichen Netzhaut, der dritte die des ciliaren Theils derselben und des Pigmentepithels bringen, während im vierten die Besprechung der senilen und regenerativen Veränderungen sich anreihen wird. *)

Dabei gedenke ich so zu verfahren, dass jedesmal erst eine historische Darlegung der Kenntnisse über den betreffenden Theil geliefert und dann die eigenen Untersuchungen mitgetheilt werden.

*) Ueber einzelne Punkte sind schon kürzere, gleichsam vorläufige Mittheilungen gemacht worden: so 1) zur Kenntniss des Pigmentepithels, Medicin. Centralbl. 1877. 2) Architektonik der Retina, Sitzungsberichte der ophthalmologischen Gesellschaft zu Heidelberg in Zehender's klinischen Monatsblättern, 1877. 3) Regeneration in der Netzhaut, Sitzungsberichte der ophth. Gesellschaft zu Heidelberg, 1878. 4) Demonstration einer Grosszellenzone im Pigmentepithel des Menschen. Hirschberg's Centralblatt für praktische Augenheilkunde, 1878, Sept.-Heft und Sitzungsberichte der ophth. Gesellschaft zu Heidelberg 1879.

I. Literarische Uebersicht.

Die Kenntnisse über die Structur des Sehnerven haben sich naturgemäss erst in den letzten Decennien unseres Jahrhunderts entwickelt. Daher übergehe ich die ältere Literatur, die ganz unter der Alleinherrschaft der Kugelchentheorie stand und wende mich gleich zu jener Zeit, aus welcher die ersten dauernd richtigen Angaben stammen.

Der Eintritt des Sehnerven in den Bulbus wurde bereits von Hildebrandt¹⁾ sowohl hinsichtlich der Lage, als des Uebergangs der fibrösen Scheide in die Sclerotica angedeutet, von Friedrich Arnold⁶⁾ aber erst genau erkannt und beschrieben. Erdl⁸⁾ fügte sodann hinzu, dass die innere Scheide (Neurilem) in die innere Lamelle der Sclerotica sich ausbreite.

Hinsichtlich des feineren Baues des Nerven wies Henle⁹⁾ auf den Umstand hin, dass „im Sehnerven die secundären Bündel fast parallel neben einander liegen“ und von Septen durchzogen würden, welche vom Neurilem entspringend, „so vielfach untereinander anastomosiren, dass sie nur feine weiche Membranen netzförmig durchbrochen darstellen“, in deren Wandungen sich „in Essigsäure unlösliche Fasern“, wie in der quergestreiften Gefässhaut entwickeln. In dem Handbuche der Anatomie präcisirte später Friedrich Arnold¹⁶⁾ noch einmal seine Ansicht und zwar dahin, dass er die neurilematische Scheide des Nerven mit dem Umfange des von $1\frac{1}{2}$ “ auf $\frac{3}{4}$ “ sich verjüngenden Eintrittsloches, sowie mit der äusseren Scheide verwachsen lässt, welche letztere eben eine Fortsetzung der Sclerotica sei, jedoch in der Art, dass die harte Haut auch eigene Fasern besitze, die die grössere Dicke an ihrem hinteren Umfange bedingen. „Der zwischen äusserer und innerer Scheide gelegene Raum, in dem zarte Zellstoffäden verborgen liegen, und der eine Fortsetzung des serösen Raumes der Arachnoidea ist (Vesalius, Cotugno, Bischat, Cloquet), verschwindet in Folge der Verwachsung beider Scheiden“.

Eine treffliche Darstellung erfuhren diese Verhältnisse des weiteren durch Kölliker und H. Müller²⁰⁾ in der Retinatafel von Eckers *Icones physiologicae*. Diese Forscher betonten einmal die — zwar vorher schon von Bowmann¹⁴⁾ angedeutete — verschiedene Farbe der Sehnervenmasse vor dem Ein-

Die Zahlen entsprechen den gleichen des Literatur-Verzeichnisses.

tritte und während des Durchtritts durch die Lamina cribrosa, sowie ferner die Natur dieser letzteren: als eines nach vorn schwach concaven, vorwiegend zwischen dem choroidealen und nur zum geringsten zwischen dem sclerotalen Theile des Eintrittsloches gelegenen Bandes.

Betreffs der Lamina cribrosa erlitt die Kölliker-Müller'sche Anschauung bald eine Wiederlegung, von Donders,²²⁾ der dieselbe „beim Menschen wenigstens nur mit einem äusserst kleinen Theile der Chorioidea in Zusammenhang stehen sah“. Im Uebrigen nahm Donders in dieser grundlegenden Arbeit eine äussere dickere und eine innere dünnere Scheide an, welche beide ziemlich reich an elastischen zusammenhängenden Elementen sind. Die äussere Scheide verliert sich „in den zwei äusseren Theilen der Sclerotica, die innere Scheide dagegen umhüllt den Stamm bis ganz in die Nähe der Chorioidea, mit der einige ihrer Fasern unzweifelhaft zusammenhängen, während sich die anderen unmittelbar unter der Chorioidea nach aussen zur Sclerotica umschlagen“. „Die aus einem Netze scharf begrenzter Bindegewebsbündel bestehende Schicht, welche zwischen den beiden faserigen Scheiden liegt, streckt sich bis unmittelbar hinter die Lamina cribrosa über die innere Nervenscheide aus und wird hier, wo sie sich gewissermassen schon in der Sclerotica befindet, noch dicker als sonst“.

Die Nervenbündel sah Donders „nur durch ziemlich feste, faserige Fortsetzungen der inneren Scheide von einander getrennt, so dass sich auch zwischen den secundären und tertiären Bündeln kein lockeres Bindegewebe vorfindet. Die elastischen Fasern sind hier aber weniger entwickelt und scheinbar nichts anderes, als durch dünne Fortsätze mit einander zusammenhängende kleine längliche Kerne“. „In dem interfasciculären Gewebe des Nerven oberhalb der Lamina gewahrt man häufig eine grosse Menge freier Kerne in demselben, welche die einzelnen Bündel der Nervenfasern von einander trennen“. Diese Befunde von Donders fanden fast allseitige Bestätigung. So stimmte H. Müller²⁴⁾ betreffs des vorwiegend scleralen Ursprungs der Lamina bei, fügte aber hinzu: „diese ein wenig, aber ganz schwach nach vorn innen concave Platte — lamina cribrosa — hängt nach rückwärts mit den Scheidewänden zwischen den Bündeln des Sehnerven zusammen, während sie nach vorn in

sparsame Bündel übergeht, welche mit den innersten Lagen der Chorioidea in Verbindung stehen und über die Chorioidea einwärts noch, bisweilen wenigstens nicht ganz fehlen”.

Die Beschaffenheit des eigentlichen Nerven prüfte hierauf eingehend Klebs.²⁷⁾ Dieser Autor unterschied ganz rationell drei Abschnitte an demselben, nämlich: 1) den Bezirk der weissen Opticussubstanz, nach vorn etwa bis zur Höhe der Opticus-scheide reichend, 2) den der Lamina cribrosa, von der Höhe der Opticusscheiden bis zur Innenfläche der Chorioidea mit einer mehr gelblich glänzenden Farbe und 3) den intraoculären, der in seinem Verhalten ganz mit der Nervenfaserschicht der Retina übereinstimmt. „Die Nervenbündel, welche diese drei Schichten durchsetzen, verhalten sich nun folgendermassen: in dem ersten weissen Abschnitte liegen die einzelnen Bündel regelmässig vertheilt, in paralleler Anordnung. Sie anastomosiren sehr selten und die Dicke der Zwischensubstanz kommt beinahe der der Bündel gleich; in der zweiten dagegen treten die einzelnen Faserzüge in vielfache Verbindung unter einander, und zwar immer unter sehr spitzen Winkeln; die einzelnen Bündel convergiren und demgemäss nimmt die zwischen ihnen gelagerte Substanz nach dem Auge hin ab, endlich in dem dritten intraoculären Abschnitt liegen die Bündel dicht aneinander; dunklere Linien von nahezu parallelem Verlauf bestimmen noch eine deutliche Sonderung. Diese hört erst da auf, wo die Fasermassen des Opticus über den äusseren Schichten der Netzhaut sich auszubreiten beginnen”. Hinsichtlich des Baues der Fasern selbst fand Klebs in den einzelnen Bezirken keine Verschiedenheiten und leitet derselbe die Farbe der weissen Substanz wesentlich von der Beschaffenheit der Zwischensubstanz ab.

„Die verschiedene Masse des Bindegewebes in den drei Schichten bedingt die Unterschiede im dicken Durchmesser” des Nerven. Und zwar bilden in der weissen Masse die Bindegewebssepten zwischen den Nervenbündeln „ein starres Gerüst von in der Längsrichtung verlaufenden Säulen, die durch Querstücke vielfach mit einander verbunden sind. Die dazwischen bleibenden Lücken werden aber nicht von der Nervenmasse allein eingenommen, vielmehr schicken jene Pfeiler und Balken überall sehr feine Zweige aus, die sich fast augenblicklich in ein ausserordentlich feines Netzwerk auflösen, dessen Natur erst bei einer Vergrösserung von über 300 erkannt werden

kann". Hierdurch fällt natürlich die Behauptung von Ammons²⁶⁾, dass die Nervenfaserbündel von Säcken eingeschlossen seien, zusammen.

„Bezüglich der von Donders²²⁾ erwähnten „freien Kerne“, die näher charakterisirt werden, findet Klebs, dass dieselben sowohl in diesem, als in dem noch feineren Netzwerke liegen, welches die Nervenbündel durchzieht. Eine doppelte Deutung erscheint zulässig, „entweder liegen die Kerne wirklich frei im Gewebe und dann im mikroskopischen Bilde ringförmig umkreist von einer scharfen dunklen Linie, an welche von aussen her die feinen netzartigen Bälkchen des Bindegewebes sich ansetzen, und diese Deutung schien hier das meiste für sich zu haben, oder es treten die Bälkchen direct an die Kerne heran“. „Es ist sehr wahrscheinlich, dass beide Formen neben einander vorkommen“.

In ihrem Verlauf gegen das Auge werden die säulenartigen Bindegewebsbündel schmaler, dabei fangen die zahlreichen Aeste an zu überwiegen und in der Nähe der Opticusscheiden grossmaschiger zu werden. „Die Nervenbündel haben hier wirklich eine Art Scheide, von welcher die querverlaufenden Fasern entspringen“, welche sich mit den benachbarten verbinden. „Die der weissen Substanz zunächst liegenden Fasern haben einen nach vorn bogenförmigen Verlauf. Die Sclerotica giebt hier „neben den Scheiden der einzelnen Nervenfasern“ einen grossen Theil der Querfasern ab, während die Chorioidea sich so viel wie gar nicht betheiligt. „Der zwischen dem Chorioidealringe liegende Theil wird versorgt von Fasern, welche von der Sclerotica auf oder von der Umbiegungsstelle der Opticusbündel um die äusseren Retinaschichten herabsteigen“. Im Bezirk der Lamina scheinen die Kerne gänzlich zu fehlen.

„Da wo etwas nach Innen von der Innenfläche der Chorioidea die Nervenfaserbündel sich so dicht an einander legen, dass nur ein dünner Streif dunklen Bindegewebes sie scheidet, treten die Querfasern des Bindegewebes sehr deutlich hervor, sie bilden hier feine gerade, die sich um den vierten Theil eines Kreises biegenden Opticusfasern in radiärer Richtung durchsetzende Linien bereits genau von der Gestalt und Anordnung der radiären Fasern der Netzhaut“. Nach innen gegen die Membrana limitans wie nach aussen gegen die Retinaschichten entstehen oder zerfallen sie in zwei oder mehrere Fasern, welche aus einem Netze kommen, das einmal in der

Limitans interna endigt, andererseits sich unmittelbar wieder in radiäre Fasern zerlegt, welche zur Stäbchenschicht verlaufen.

Die freien Kerne von Donders bestätigt auch Köl liker*) indem er sagt: die Nervenröhren des Opticus treten ohne ihre bindegewebigen Hüllen, welche mit der Lamina zusammenhängen „nur von spärlicher, einfacher Bindesubstanz in Gestalt verästelter, zelliger Elemente“ (begleitet) „in das Innere des Auges ein“. Im Uebrigen verharret Köl liker (in allen Auflagen seiner Gewebelehre) bei der Ansicht, dass die dunkelrandigen Fasern von 0,0005—0,002 mm Durchmesser bis an die innere Oberfläche der Retina ihre weisse Farbe beibehalten. Henle³⁰⁾ dagegen betont die prismatische Form der Bündel, die 0,1—0,2 mm breit sind, häufig auch in der Axe, den Fasern parallel, longitudinale Bindegewebsbündel zeigen und auf dem Wege durch die Sclera zahlreiche Theilungen und Anastomosen eingehen, sich zugleich bis auf 0,03—0,05 mm. verfeinernd. Die Fasern selbst brechen das Licht schwächer, verlieren die dunkeln Contouren „ob blos in Folge Verringerung des Durchmessers, oder des Verlustes einer besonderen fetthaltigen Scheide ist noch streitig; zu Gunsten der ersteren Ansicht aber möchte ich anführen, dass öfters nach dem Durchschnitte durch die Sclera und vor der Ausbreitung in die Retina die Fasern wieder dunklere Rändern erhalten“. Der Uebergang der weissen Farbe in eine durchscheinend graue ist ein scharfer, eine schwach vorwärts concave Linie darstellend. — „Die Verjüngerung des Calibers der Opticusfasern ist so bedeutend, dass trotz der Vermehrung des in den Zwischenräumen der Bündel gelegenen Gewebes der Nervenstamm sich kegelförmig zuspitzt“. Der abgestumpfte Gipfel des Kegels, 1,2—1,6 mm im Durchmesser, liegt in der Oeffnung der Choroidea.

Weitere wichtige Aufschlüsse über die feinere Structur des Sehnerven erbrachte Leber,³³⁾. Dieser Forscher hob zuerst scharf hervor, dass die Balken Träger der Blutgefässe sind, „eine kleine Anzahl stark in die Länge gezogener Kerne einschliessen“ und sich vom Nervengewebe glatt isoliren lassen, hingegen „die Nervenbündel seien von einem zarten bindegewebigen Netzwerk durchzogen, das als die Neuroglia des Sehnerven anzusehen sei und jedenfalls zum grössten Theile aus den

*) Gewebelehre 1863.

Ausläufern sternförmiger Zellen besteht, „welche theils am Rande des Bündels, theils innerhalb derselben ihre Lage haben“. Man erkennt deutlich, namentlich nach Carminfärbung, „dass es sich nicht um freie Kerne, sondern um sternförmige Bindegewebskörperchen mit Ausläufern handelt“, die sich isoliren lassen und namentlich in der Nähe des Auges zwischen den Bündeln in deutlichen Längsreihen finden. „An Querschnitten sieht man, dass nur die feineren, zwischen den Balken verlaufenden Bälkchen Bindegewebszüge in's Innere derselben senden, die in das eben beschriebene Netzwerk übergehen, während die Ränder der gröberen Balken, wie schon erwähnt, glatt sind und nicht in directem Zusammenhange, mit diesem Netzwerke stehen“. Die Nervenfasern selbst sind sehr fein und varicös.

Die Scheiden anlangend, constatirt Leber, dass die äussere kernarm sei und sich aus schmalen glatten mit zahlreich eingestreuten elastischen Netzen versehenen Bindegewebsbündeln aufbaue, die sich in der verschiedensten Weise durchflechten und durchkreuzen. Die innere Scheide hängt mit der äusseren „durch ein lockeres Netz von Bindegewebsbalken“ zusammen, welches Träger der Blutgefässe ist, die zur inneren „Scheide und zum Sehnerven gehen“. Das Netz geht, durch stete Theilung dünner und dichter werdend, in die innere Scheide über. „Ein Theil dieser Balken besitzt, wie auch schon Donders angiebt, umspinnende Fasern“. „Die meisten aber sind von dünnen, homogen und glashell aussehenden Scheiden überzogen, welche ziemlich grosse, ovale, fein granulirte Kerne“ einschliessen. Diese Scheiden sind isolirbar, aber nicht überall gleichmässig. Es macht den Eindruck, als ob dieselben „unvollständig wären, wodurch gewissermassen Uebergänge zu den umspinnenden elastischen Fasern gebildet würden. Die Vermuthung liegt nahe, es möchte sich bei diesen Scheiden um verschmolzene Zellen handeln, deren Kerne deutlich wahrzunehmen sind, es ist aber nicht gelungen, durch Behandlung mit Silbersalpeter Zellenconturen an den betreffenden Membranen oder an der Oberfläche der Balken nachzuweisen“. „Die Scheiden folgen den Balken in ihren Verästelungen, ich konnte aber nicht entscheiden, ob sie auf die zarten Balkennetze der inneren Scheide übergehen“. Im Gegentheil es scheint dies unwahrscheinlich, „weil sich eine grosse Anzahl meist länglicher Zellen mit ganz ähnlichen, grossen, ovalen, fein grau-

lichen Kernen und zartem körnigem Protoplasma" finden, „welche entweder den Bindegewebsbündeln anliegen, oder mehr frei in den Maschen des Gewebes liegen". Die Frage, ob diese Scheiden eventuell mit den Lymphgefässen etwas zu thun haben, lässt Leber offen.

Ehe ich nun in der weiteren Entwicklung der histologischen Kenntnisse über den Sehnerven fortfahre, müssen wir vorher cursorisch die zahlreichen und so überaus fruchtbaren Arbeiten über die Lymphwege des Opticus und seiner Scheiden im Zusammenhange würdigen.

Bekanntlich war es His,³¹⁾ der die Entdeckung machte, dass die Gefässe der Netzhaut von perivascularären Röhrensystemen umgeben seien, welche, mit dem Abführen der Lymphe betraut, sich im Opticusstamme sammeln. Die definitiven Abzugswege waren zwar nicht zu eruiren, doch vermuthet His, dass dieselben in der Lamina cribrosa äusserst eng seien. „Der äussere Theil des Nervus opticus zeigt wieder ein reiches Netz von Lymphgefässen; besonders reich sind sie in der inneren Opticusscheide, in der sie auch leicht injicirt werden können".

Geradezu bahnbrechend wurden die hierauf folgenden Untersuchungen von Schwalbe,³⁴⁾ der nicht nur den zwischen der äusseren und inneren Scheide gelegenen subvaginalen Raum, vom subduralen Raume des Hirnes aus zu injiciren vermochte, sondern auch einen an der Aussenseite der äusseren Scheide gelegenen, einen supravaginalen, welcher letzterer wiederum durch den Tenon'schen Raum mittelst der perivascularären Röhren der Venae vorticosae mit dem Perichoroidalraum communicirte. Da eine endotheliale Bekleidung nachweisbar war, so zögerte Schwalbe nicht, die genannten Räume für lymphatische zu erklären, zumal auch eine entgegengesetzte Färbung des Tenon'schen und supravaginalen Raumes vom Perichoroidalraume aus möglich war. Diese ungeahnten Communicationen des hinteren Auges mit Räumen zwischen den Scheiden des Gehirns veranlassten zunächst Schmidt³⁵⁾ jene Injectionen zu wiederholen. Schmidt vermochte indess nicht, eine Füllung aller eben genannter Räume zu erzielen, sondern einzig eine solche des subvaginalen und der Lamina cribrosa, indem „sich die Färbung quer durch den Opticus erstreckte, die einzelnen Lagen der Lamina cribrosa füllend, und äusserst zierliche communicirende Netze bildete". Zuweilen

war die Färbung zwischen den Nervenbündeln eine Strecke weit centripetal zu verfolgen. Auch Manz³⁶⁾ erhielt gleich Schmidt keine vollen Erfolge im Schwalbe'schen Sinne. Dahingegen bestätigten Axel Key und Retzius³⁷⁾ nicht nur die Beobachtungen Schwalbe's, sondern erwiesen auch, dass der subvaginale Raum eigentlich aus zwei Räumen bestehe, die durch eine Fortsetzung der Arachnoidea des Gehirns bis zum Auge geschieden würden und gesondert zu injiciren wären.

Schmidt gegenüber brachte Wolfring⁴¹⁾ nun zwar bei stärkerem im subvaginalen Raume geübten Drucke eine Injection in der Substanz der Sclera, eine Art von Gefässring um die Siebplatte zu Stande, von dem aus, wie es schien, kleine Stämmchen stellenweise gegen den Nerven selbst sich wenden, indess keine eigentliche Injection der Siebplatte und der Räume um die Nervenfaserbündel. Diese erfolgte nur, wenn die Canüle durch Einstich unmittelbar unter die Oberfläche der inneren Scheide gebracht wurde, dann allerdings in ausgiebiger Weise.

Sehr interessante Ergebnisse lieferten ferner die Injectionsversuche von Michel,³⁹⁾ welcher demonstrieren konnte, dass beim Menschen die Füllung des perichorioidalen Raumes vom subvaginalen Raume aus auch direct, quer durch die Sclera in der Nähe des Sehnerveneintritts erfolgt, indem hier, wie in der duralen Scheide mit Endothel bekleidete Saftbahnen den Durchgang vermitteln. Die Präexistenz dieser Saftbahnen erwies sodann in eleganter Weise Quinke*), der Zinnober in die Lymphräume des Schädels brachte und denselben nicht nur im subvaginalen Raume, sondern auch in den Stigmata der äusseren Scheide wieder fand.

Als Schwalbe⁴⁵⁾ nunmehr diese Untersuchungen noch einmal aufnahm, fand er zunächst die von Michel beim Menschen hervorgehobenen Punkte bestätigt, konnte indess weder den subarachnoidalen noch subduralen Raum von Key und Retzius gesondert injiciren: stets füllte die Injectionsmasse beide Räume. Dahingegen trieb Schwalbe durch Einführen der Canäle zwischen Pialscheide und Opticusstamm (Wolfring) die Masse sowohl in den Spaltraum zwischen diesen beiden, welcher analog dem epicerebralen Raume von His ist,

*) Reichet und du Bois-Reymond's Archiv 1872.

als auch zwischen die einzelnen Nervenfaserbündel und Septen im Nerveninnern, welche Räume sämtlich unter einander communiciren können. „Innerhalb der Lamina cribrosa wird das Spaltensystem dichter und breiter“. Ausserdem sah Schwalbe eine Strahlenfigur von der Lamina aus eine Strecke weit zwischen die Nervenbündel der Retina sich bilden, desgleichen wurden perivasculäre Canäle der Netzhaut, ferner streckenweise ein schalenförmiger, capillärer Raum zwischen limitans interna und hyaloidea gefüllt und endlich dringt häufig Masse „zwischen Pigmentschicht und Stäbchenschicht der Netzhaut ein, eine partielle Ablösung derselben herbeiführend“.

Annähernd dieselben Resultate erhielten Axel Key und Retzius.⁴⁶⁾ Auch sie füllten bei Einstichsinjection die von Schwalbe angegebenen Bahnen mit Ausnahme des Raumes zwischen Limitans interna und Hyaloidea. Ihre schon früher aufgestellte Behauptung, dass im subvaginalen Raume ein subduraler und subarachnoidaler zu trennen und gesondert zu injiciren sei, halten diese Forscher aufrecht und illustriren die Befunde durch äusserst sprechende Abbildungen.

Kehren wir nunmehr zur Verfolgung der weiteren histologischen Entdeckungen zurück!

Zunächst brachte Schwalbe³⁴⁾ eine präcisere Vorstellung dessen, was man als Tenon'schen Raum aufzufassen hat, „die äussere Fläche der Sclera, auf welcher sich das innere Blatt der Tenon'schen Kapsel befindet, zeigt nach Silberbehandlung deutliche Endothelzeichnung, ausserdem lässt sich auch nach Einwirkung von Müller'scher Lösung direct ein entsprechendes Häutchen isoliren. Das Gewebe der Tenon'schen Kapsel selbst ist ein lockeres, von zahlreichen elastischen Fasern durchsetztes Bindegewebe“. Die Fortsetzung des Tenon'schen Raumes um den Opticus herum nennt Schwalbe supravaginalen Raum. Die fibröse oder äussere Scheide des Sehnerven fasst er, gleich Luschka, als eine directe Fortsetzung des inneren Blattes der Dura mater auf. Sie geht derart in die Sclerotica über, dass ihre Faserung, wie dies schon v. Ammon zeigte, „unter einem stumpfen Winkel auf die meridionalen Fasern der Faserhaut trifft“. Den Raum, welcher zwischen dieser und der inneren Scheide gelegen und von einem Balkennetze durchzogen ist (Donders), nennt Schwalbe subvaginalen. Das ganze von den Balken durchzogene Hohlraum-

system zwischen den beiden Sehnervenscheiden wird von einem zusammenhängenden Endothel ausgekleidet". „Die Endothelhäutchen gehen aber nicht in umspinnende Fasern über". Im Uebrigen lässt Schwalbe die Balken entspringen resp. endigen aus „je einer festen, straff gewirkten Platte", die leicht vom andern Gewebe der Scheide abgehoben wird. Diese Platten, deren dem Lymphraume zugekehrte Oberflächen kernreiches Endothel besitzen, zeigen einen faserigen Bau und sind durch lockeres Bindegewebe an den Scheiden befestigt.

Besondere Berücksichtigung erfuhr die Siebplatte durch Wolfring,⁴¹⁾ welcher sich die Aufgabe stellte, zu eruiren, was denn eigentlich dieses Gebilde sei und in welcher Weise dasselbe mit der Sclera zusammenhänge. Er kam zu dem Schlusse, dass es einzig und allein durch die Verzweigung des scleralen Gefässkranzes mit einhüllender breiter Adventitia sich aufbaue, ohne weitere Betheiligung der Faserhaut. Es glückte diesem Autor auch durch Färbung mit Pikrinsäure-Carmin eine Verschiedenheit im Aussehen darzuthun. Ausserdem erblickte Wolfring (nach Behandlung mit Chrom-Salzsäure und Carmin) „an Stelle des die Nervenbündel durchflechtenden Bindegewebes eine ungemeine Anzahl ganz in derselben Weise wie letzteres angeordneter und intensiv roth gefärbter lymphoider Körperchen. Dieselben finden sich aber nicht nur in dem die ersteren Bündel scheidenartig umhüllenden Gewebe, sondern zahlreich auch innerhalb der Bündel selbst, sowie zum Theil die „lymphatischen Bahnen erfüllend". — Ihre Menge ist, zumal bei Neugeborenen, eine derartig grosse, dass man an entzündliche Processe denken könnte.

Hinsichtlich dieser lymphoiden Körperchen erhebt Leber⁴²⁾ das berechtigte Bedenken, ob dieselben „nicht vielmehr Kerne der in den Bindegewebsbalken eingeschlossenen, besonders aber der ihnen aufliegenden, in letzterem Falle glatten Zellen sind, deren Vorkommen von mir geschildert wurde".

Die Scheidenräume, sowie der supravaginale und Tenon'sche Raum fanden eine weitere Erforschung von Michel.³⁹⁾ Zunächst wurde festgestellt, dass der Uebergang der duralen Scheide in die Sclera insofern ein individuell verschiedener ist, als der subvaginale Raum bald nur auf einer Seite mehr oder minder intra scleram verlängert ist, wie dies meistens auf der Aussenseite der Fall zu sein pflegt, bald am ganzen Um-

fange des Eintrittsloches dergestalt auftritt. Die äussere, durale Scheide, in welcher sich zwischen den platten Bündeln zahlreiche elastische Fasern und Endothelplättchen mit Kernen eingestreut finden, zerfällt in eine innere, aus concentrisch verlaufenden, und eine äussere aus längsverlaufenden Bündeln bestehende Schichte. Die erstere, die concentrische nämlich, entwickelt sich erst in einer Entfernung von 6—7 mm vom Bulbus, die zweite, die längsfaserige, zerfällt besonders kurz vor dem Uebergang in die Sclera in einzelne Blätter, meist 2—4. Die Aussenfläche der duralen Scheide, also die Begrenzung des supravaginalen Raumes nach innen, lässt bei Behandlung mit $\frac{1}{4}$ pCt. Silberlösung ein ziemlich engmaschiges Netz von Silberlinien erkennen^{*)}. Die Endothelzellen der duralen Scheide bestätigte alsbald Henle^{*)} in gleicher Weise, wie den subvaginalen Raum Schwalbe's. Noch einmal behandeln nunmehr Schwalbe, sowie Axel-Key und Retzius in wahrhaft klassischen Arbeiten ausführlich vorliegenden Gegenstand. Schwalbe⁴⁵⁾ hebt an den Stützbalken, die nie in das Innere eines secundären Nervenbündels eindringen, die Resistenz der die Fibrillen verbindenden Kittsubstanz und das Vorkommen spindelförmiger Kerne an der Oberfläche und im Innern derselben hervor. Die Identität dieser letzteren mit Endothelzellen mittelst der Silbermethode konnte nicht festgestellt werden. Durch einen capillaren Raum von diesen Bindegewebskörpern getrennt, verlaufen nun die Nervenfaserbündel, in der Nähe des Auges sich häufiger theilend. Die Nervenfasern, denen die Schwann'sche Scheide fehlt, werden durch eine eigenthümliche Masse, die sog. Neuroglia an einander gekittet. Dieselbe enthält nie leimgebende Fibrillen und ist im frischen Zustande homogen, sehr weich, nahezu flüssig, was daraus erhellt, dass die Injectionsmasse leicht in's Innere der Bündel dringt. „Eine jede Nervenfaser liegt nun in einem blauen Ringe“. Nach Behandlung mit Alcohol stellt sie ein aus feinen Bälkchen zusammengesetztes Reticulum dar^{*)}. Ausserdem gehören zur Neuroglia Zellkerne, die entweder an der Oberfläche der Bündel in Längsreihen angeordnet, oder vereinzelt im Innern vertheilt liegen. Isolirt man diese Kerne, „so stellt sich heraus, dass sie

^{*)} Henle, Handbuch der Anatomie, 2. Aufl.

äusserst zarten homogenen Plättchen angehören. Diese Zellen liegen den Bündeln platt an und bilden eine vielfach unterbrochene Hülle derselben. Sie gleichen in allen Eigenschaften den Zellen des Bindegewebes, den Endothelzellen”.

Abweichend von Leber behauptet Schwalbe entschieden die Selbstständigkeit der Zellen der Grundsubstanz gegenüber: Nach Maceration in dünner Chromsäurelösung lassen sich die Zellplatten stets reinlich isoliren, vom Glianetz ist dann nichts zu bemerken, da die Substanz in Lösung übergegangen ist; nur nach Behandlung mit coagulirenden Flüssigkeiten kommt das Netz zu Stande, welches also nicht mit der Zellsubstanz continuirlich sein kann, so dass es etwa, wie Leber will, von den Zellenausläufern gebildet würde”. Bei der Lamina cribrosa verlieren die Nervenfasern ihre Myelinscheiden. Ausserdem treten hier die longitudinalen bindegewebigen Faserzüge sehr zurück, dafür sendet aber die Sclerotica, in welche die Pialscheide übergegangen, zahlreichere, stärkere, derbere Bindegewebsbündel zur Axe des Nerven, so dass man, denkt man sich die Nervenmasse entfernt, eine mehrschichtige durchbrochene Bindegewebsplatte vor sich hat. Eine Betheiligung der Chorioidea am Aufbau der Lamina erscheint Schwalbe zweifelhaft „dagegen finden sich in allen Fällen in der Ebene der Chorioidea, den Sehnerven quer durchsetzend, zartere Faserzüge als die der Lamina cribrosa angehörigen, dieselben stammen aber nicht von der Chorioidea, sondern vom innersten Winkel der Sclera und von dem die Centralgefässe begleitenden Bindegewebsstränge. Diese Faserzüge bilden sanfte Bögen, deren Convexität nach dem Innern des Auges zugekehrt ist”.

Axel Key und Retzius^{37 46)} berichten hinsichtlich des Balkennetzes, dass längeres Schütteln dasselbe glatt und ohne Endothel isolire. Schüttelt man die Präparate nur wenig, so findet man die Balken von einem eigenthümlichen Gewebe umspinnen. Rings um die Balken, dieselben aber nur lose umgebend, liegt ein schleierartiges, körnig faseriges Netz, in welchem mehr oder weniger zahlreiche Kerne eingebettet sind. „Es ist dies das dritte Gewebelement des Opticus, die eigenthümlichen zelligen Elemente und die sog. Neuroglia”. Dieselben, aus einem ovalen flachen Kerne und umgebendem platten Protoplasma bestehend, senden zahlreiche feine, sich verzweigende faserige Ausläufer aus: „an diesen Ausläufern, welche oft ein intricates Netz mit einander bilden, haftet eine mehr

oder weniger reichliche Menge eines körnigen Protoplasma". Auch bleiben die „Ausläufer nicht nur an der Oberfläche der Nervenbündel und in den Spalträumen, sie dringen im Gegentheil allwärts in die Nervenbündel selbst, d. h. zwischen die Nervenfasern hinein. Von diesem Gewebe sind also die Balken umspinnen, es haftet denselben an, bildet aber kein wirkliches zusammenhängendes Endothel auf denselben". Die Querstreifung der Nervenbündel resultirt aus diesem Ausläufersystem.

Ferner finden sich im Innern der Nervenfaserbündel verschieden gestaltete Gänge und Spalträume, die an der Oberfläche münden. Auch in ihnen findet man jene Zellen. Es scheint, als ob die Spalträume in verschiedenem Zustande von Füllung sein, sogar zusammenfallen und leer sein können".

Bezüglich der Lamina cribrosa nehmen Key und Retzius eine stärkere sclerale und eine schwächere choroideale an. Das Balkengerüst kommt von den umgebenden bindegewebigen Theilen der Fortsetzung der Pialscheide, Sclera, Choroidea und von dem die Centralgefäße begleitenden Bindegewebe. „Man findet jetzt die Blutgefäße nicht mehr in ihnen eingeschlossen, sondern zwischen ihnen verlaufend".

Einer eigenthümlichen Art von Faserzellen thun Axel Key und Retzius hierselbst noch Erwähnung: „Sie ähneln bindegewebigen Fasern und zuweilen sieht man sogar das Balkengerüst der Lamina sich in Fasern auflösen, welche mit diesen Fasern sehr grosse Uebereinstimmung zeigten". Es liegen ihnen Kerne an und „an den Enden dieser sieht man gewöhnlich eine dünne protoplasmatische Ausbreitung der Fasern".

II. Eigene Untersuchungen.

A. Makroskopische Beschreibung.

Bekanntlich zieht der Nervus opticus beim Menschen in annähernd S-förmigem Verlaufe (Henle,³⁰) Merkel⁴³) von der intraorbitalen Oeffnung des Foramen opticum zum Augapfel, und zwar nicht zum hinteren Pole desselben, sondern zu einer Stelle, die etwa 3mm nach

innen und $\frac{1}{2}$ —1mm nach unten von letzterem gelegen ist. Der Winkel, unter welchem Nerv und Auge an einander treten, ist nahezu ein rechter im Gegensatze zu dem Verhalten bei den meisten Thieren (Rind, Hund, Schwein, Katze, Kaninchen), wo dieser, wie Becker³⁴⁾ zeigte, ein so spitzer werden kann, dass er nicht selten nur 10° beträgt.

Der Nerv selbst ist von einer doppelten Scheide umschlossen, der duralen (äusseres Neurilem Henle, Vagina fibrosa nervi optici Krause, äussere Scheide Donders), und der pialen (Neurilem der Autoren, innere Scheide Donders), welche beide ebenso Fortsetzungen der Häute des Gehirns sind (Schwalbe), wie die zarte Arachnoidealscheide (Axel Key und Retzius), die beim Menschen der duralen mehr weniger anliegt. Zwischen diesen Scheiden finden sich lymphatische Räume, die mit den entsprechenden der Schädelhöhle in offener Communication stehen und als subduraler und subarachnoidealer (Axel Key und Retzius, Schwalbe) benannt werden. Am Bulbus angekommen, enden dieselben innerhalb der Faserhaut. Man kann diesen intrascleralen Theil mit Axel Key und Retzius als Fundus der betreffenden Räume bezeichnen.

Legen wir nunmehr einen Schnitt durch ein Auge, welches sorgfältig in Müller'scher Flüssigkeit gehärtet wurde, so fällt, wenn wir genau die Mitte des Sehnerven und der Pupille getroffen, eine plötzliche, scharf begrenzte Farbendifferenz in der Substanz des Nerven auf. Dieselbe wird durch zwei Linien bestimmt, welche etwa in der Höhe der äusseren Fläche der Sclera von der Axe des Nerven beiderseits in nach vorn convexen Bögen etwa zur Mitte der Wand des Durchtrittsloches ziehen. Während der centralwärts von dieser Grenzscheide gelegene Stamm etwa orange gefärbt erscheint, zeigt sich der der Retina zugewandte dunkler, und zwar graugrün, so lange er zwischen den formgebenden Häuten

hinzieht, auf welchem Wege er sich bis auf die Hälfte seines Volumens verdünnt, dunkelbraun, sobald er das Cavum oculi erreicht hat.

Des Weiteren erregt das Auftreten eines annähernd centralen, Gefäßlamina enthaltenden graugrünen, Stranges unsere Aufmerksamkeit. Derselbe gesellt sich $1\frac{1}{2}$ bis 2 cm vom Auge entfernt zum Nerven und tritt fast unter einem rechten Winkel zum Verlaufe des letzteren in das Innere. Eine ähnliche, wenn auch nicht so prägnante Unterscheidung der Theile des Opticus erhalten wir bei Betrachtung eines frischen oder nach Alkoholeinwirkung durchschnittenen Auges. Da die beschriebenen Farbendifferenzen auf Structurveränderungen beruhen, empfiehlt es sich, die einzelnen Abschnitte entweder nach diesen direct, oder nach ihrer Ausdehnung zu benennen. Deshalb werden wir in Folgendem von dem eigentlichen Sehnervenstamme, oder einem markhaltigen extrabulbären Theile, und von einem bulbären oder marklosen sprechen, wobei wir an letzterem noch eine fernere Unterscheidung machen, nämlich in eine Strecke, die im Durchtrittsloche und eine solche, die im Augeninnern gelegen ist.

Ausser diesen schon makroskopisch sichtbaren Umwandlungen im eigentlichen Nerven fällt eine fast gleiche in den Scheiden auf. Dieselbe, zwar weniger scharf begrenzt, wird ungefähr durch eine Linie markirt, die man sich von der Uebergangsstelle der Dura optici in die Sclera zum inneren Rande der Chorioidea am Eintrittsloche gezogen denkt. Die Färbung wechselt hierbei aber in umgekehrter Weise, indem die olivengrünen Scheiden sich gegen die gelbe Sclera abheben.

Sieht man recht genau zu, so erkennt man ferner im eigentlichen Nervenstamme zahlreiche, etwa 20, feine olivengrüne Striche, ganz von demselben Character wie die innere Scheide, die sich selbst bei herzhaftem Zuge

nicht rein entfernen lässt. Es resultirt aus dieser Einlagerung eine deutliche längsparallele Streifung im ausserordentlich derben und festen, nur schwer zu zerzupfenden Nerven, die uns jetzt schon eine innige Verflechtung von nervösen und bindegewebigen Theilen vermuthen lässt.

B. Mikroskopische Befunde.

Bei der nun folgenden Darlegung der mikroskopischen Untersuchungen werde ich die Structur der einzelnen Scheiden, zweitens den Uebergang dieser in die formgebenden Häute des Auges und drittens den Sehnerven selbst des Näheren zu erörtern mich bemühen. Zum Schlusse gedenke ich die Entwicklung dieser Theile während der zweiten Hälfte des embryonalen Lebens in Kürze anzufügen.

Alle Angaben beziehen sich, wofern es nicht speciell bemerkt wird, auf die Verhältnisse menschlicher Individuen zwischen dem 20. und 40. Lebensjahre, deren Augen keine Refractionsanomalien darboten. Vom Sehnerven wurde der ganze intraorbitale Theil, vom Foramen opticum an, berücksichtigt.

Durale Scheide.

Die durale Scheide des Opticus ist, wie Schwalbe nachgewiesen, eine directe Fortsetzung eines Theiles der Dura mater cerebri. Sie zieht mit der inneren Scheide des Nerven lose verbunden und daher auf ihr verschiebbar, in mehrfach wechselnder Dicke bis zum Bulbus, woselbst sie in die Faserhaut in näher zu beschreibender Weise überzugeht.

Die durchschnittliche Mächtigkeit der duralen Scheide beträgt 0,35—0,5 mm. In einiger Entfernung vom Bulbus beginnt sie sich allmählig zu verdicken, um kurz vor

dem Uebergange in die Sclera ihre grösste Stärke, etwa bis 0,65 mm, zu erreichen.

Ausser den Gefässen und Nerven, die gleichmässig und reichlich in ihr vertheilt sind, wird die Dura optici ausschliesslich von Bündeln collagenen Gewebes aufgebaut, denen zahlreiche ovale Kerne zukommen.

Berücksichtigen wir zunächst den Verlauf der Bündel, so sehen wir in der Mehrzahl der Fälle die longitudinalen, d. h. die dem Nerven parallel gelagerten, prävaliren. Wenigstens ist dies stets in der äusseren Hälfte der Scheide der Fall. In der inneren dagegen können sich schief und circular geordnete in wechselnder Menge einschieben, und so zahlreich werden, dass sie als wirkliche Schicht imponiren. Indess heben sie sich nie bestimmt und scharf ab, sondern entwickeln sich nur allmähig durch Uebergänge. In seltenen Fällen war das Auftreten der schief und circular gerichteten Bündel nicht allein an die innere Hälfte gebunden, sondern dieselben durchsetzten gleichmässig die ganze Dicke der Scheide und zwar in gleicher Weise im ganzen orbitalen Verlaufe.

Ist eine innere circular Schicht vorhanden, so beginnt dieselbe mehr oder weniger deutlich etwa 1 cm vom Sehnerveneintritte und erreicht, allmähig an Dicke zunehmend, etwa 2 mm von der Sclera den Höhepunkt der Stärke. Jetzt bleibt sie sich entweder gleich, oder nimmt selbst ab. Die äussere longitudinale Schicht ist loser gefügt und zerfällt, wie Michel zuerst betonte, in eine Anzahl Lamellen. Dieselbe ist meinen Untersuchungen zufolge zwar häufig zwischen 2—5 (Michel, Schwalbe, Waldeyer) schwankend, nicht selten aber auch, worin ich Axel Key und Retzius zustimmen muss, eine ganz wechselnde, oftmals bis auf 10 steigende. Zwischen den einzelnen Faserbündeln sind, die Spalträume durchziehend, lockere Längsfibrillenzüge ausgespannt, die eventuell auch mit spindelförmigen Kernen versehen sind.

Vor dem Uebergange in die Sclera zeigen sich die longitudinalen Bündel gewöhnlich stark gelockt und geschlängelt. Zu bemerken ist aber, dass gerade hier in der längsfaserigen äusseren Schicht, schiefe, sowie kreisförmige Bündel, zwischen den einzelnen Lamellen in manchmal recht beträchtlicher Zahl vorkommen.

Den Bindegewebsbündel haften plättchenartige Gebilde an, welche nach der Tinction ovale Kerne zeigen. Dieselben lassen sich nach den verschiedensten Methoden isoliren. Am besten vermochte ich dies nach Erhärtung der Objecte in Osmiumsäure von 1 % und nachfolgendem längeren Liegenlassen in Glycerin oder Drittel Alcohol. Gleichfalls gute Resultate ergab die Einwirkung von Kalibichrom 4—6 % (Schwalbe), Müller'sche Lösung, dünner Chromsäure (1 %— $\frac{1}{10}$ %) und von mehreren anderen Reagentien, zumal wenn ich, wie Axel Key und Retzius empfehlen, mich dabei der Anilinfärbung bediente.

Die gewöhnlich elliptischen Kerne liegen inmitten feiner Körnelung, bald central, bald nach einem Ende dislocirt in dem ovalen rechteckigen oder sternförmigen, körnig protoplasmatischen Zellplättchen, welches von wechselnder Grösse ist und sich in eine dünne häutchenartige Ausbreitung verliert. Wenn ich vorsichtig manipuirte, konnte ich jedesmal eine solche in grosser Ausdehnung frei legen. Dabei fand ich, übereinstimmend mit Axel Key und Retzius, diese Häutchen in „engstem Zusammenhange stehen mit zahlreichen elastischen Fasern, welche in verschiedenen Richtungen einander kreuzen. Hier und da sieht man die Zellen mit ihren Protoplasmaausläufern sich einer elastischen Faser anlehnen, gleichsam an ihr entlang hinkriechend“.

Natürlich sind je nach dem Orte Gestaltsmodifikationen vorhanden. So scheinen mir an den circulären Schichten die Zellplättchen ausnahmslos mehr sternförmig

und dichter an einander gelagert. Von einem Durchbrochensein dieser zweifellos als endothelial aufzufassenden Häutchen von der Art etwa, dass sie nur aus einem Zellennetze bestehen (Axel Key und Retzius), habe ich mich aber nicht überzeugen können.

Von Interesse dürfte es noch sein, wenn ich hinzufüge, dass die ovalen Kerne in der duralen Scheide und Sclera kindlicher Augen viel zahlreicher sind, als in der erwachsener Individuen.

Die innere Oberfläche der duralen Scheide ist mit einer continuirlichen Endothelbekleidung versehen, welche unschwer auf weite Strecken isolirt werden kann. Dieselbe setzt sich auch, wie wir gleich sehen werden, auf die zur arachnoidealen Scheide abgehenden Balken fort, welche zu einzelnen Fibrillenbündeln vereint, an die Oberfläche treten.

Nicht so einfach sind indessen die Verhältnisse der äusseren Begrenzung.

Bekanntlich setzt sich das innere Blatt der Tenon'schen Fascie, nachdem es die Sclera überzogen, auf die Dura optici fort, um den supravaginalen Raum, der als eine Verlängerung des Tenon'schen aufzufassen ist, bis in die Nähe des knöchernen Canals des Sehnerven begrenzen zu helfen (Schwalbe). Die Verbindung zwischen duraler Scheide und dem in Rede stehenden inneren Blatte der Fascie vollzieht sich nun im Allgemeinen derart, dass zwischen die straffen, derben äusseren duralen Längsfibrillenbündel, welche je weiter nach aussen, um so schmaler werden, sich lockeres, welliges, mit elastischen Elementen vielfach gemischtes Gewebe mit spindelförmigen Kernen einschiebt. Dasselbe verdichtet sich gewöhnlich unmittelbar nach aussen von der Dura optici zu einer festeren Lage, welcher ein continuirliches Endothel aufsitzt, wie Silberbehandlung lehrt und directe

Isolationen nach Einwirkung von Müller'scher Lösung bestätigen.

Von dieser inneren Begrenzung des supravaginalen Raumes Schwalbe's gehen aus resp. endigen eine grosse Menge fibrillärer, platter Bälkchen, die mit Endothel bekleidet den Raum durchziehen und demselben ein ähnliches lamelläres Aussehen verleihen, wie die supra-choroidealen Balken oder die perivascularären Scheiden der Vasa centralia (s. Fig. 8) ihren entsprechenden Spalten.

Nur nebenbei sei bemerkt, dass wir dieselben Verhältnisse auch an der äusseren Fläche der Sclera und im sogenannten Tenon'schen Raume wiederfanden. Auch hier ist eine endotheltragende Fläche (Schwalbe, Michel) vorhanden und die gleiche Anordnung von lamellären Balken. — Dort wo die ciliaren Gefässe und Nerven in der Nähe des Ueberganges der Dura optici zum Auge ziehen, vereinigen sich einzelne Lamellen zu dickeren, festeren Bündeln, um dieselben zu umhüllen, sie zur Sclera zu geleiten und hier theilweise mit dem Gewebe der letzteren zu verschmelzen.

Die Gefässe und Nerven der duralen Scheide sind gleichfalls in mancher Beziehung beachtenswerth.

Wie wir noch an einer anderen Stelle sehen werden, ist schon seit langer Zeit behauptet und auch von Longet,¹¹⁾ Henle³⁸⁾ und Sappey³²⁾ betont worden, dass vom Ganglion ciliare zahlreiche Nervenästchen zur duralen Scheide treten, woselbst dieselben sich dem Verlaufe der Gefässe folgend plexusartig verästeln (Sappey, Leber).

Ich kann dies Vorkommen zahlreicher nervöser Elemente nur bestätigen, desgleichen die Angabe Henle's, dass dieselben von enorm mächtigen neurilematischen Hüllen umrahmt sind. In den grösseren Stämmchen finden sich zumeist ausser einigen starken markhaltigen,

eine Anzahl feiner Fasern, denen noch sogenannte blasse beigesellt sind. Auch ganglienartige Bildungen habe ich hie und da gesehen.

Die Verästelung der zutretenden Stämmchen geschieht regellos, anscheinend dem Verlaufe der Gefässe folgend. An letzteren ist die gleichfalls stärkere adventitielle Umkleidung, sowie die unverhältnissmässig mächtige subendotheliale structurlose Schicht auffällig.

Arachnoideale Scheide.

Wie oben angegeben, vermitteln zahlreiche Balken den Zusammenhang der eben beschriebenen duralen Scheide mit der Arachnoidea optici, welche auch ihrerseits eine directe Fortsetzung der gleichnamigen Hülle des Gehirns (Axel Key und Retzius) ist. Sie liegt stets der Dura viel enger, als der Pia an, weshalb Schwalbe dieselbe auch gleichsam als inneres Blatt der ersteren aufzufassen geneigt ist.

Hinsichtlich ihres Baues stellt sie sich als ein zartes, äusserst dünnes Häutchen dar, dessen Stroma aus einem mannigfach durchwebten Netzwerke von fibrillärem und elastischem Gewebe mit zahlreichen runden oder ovalen Oeffnungen besteht. Beiderseits, sowohl nach innen als nach aussen zu (Axel Key und Retzius) wird dasselbe von einem continuirlichen endothelialen Belage überzogen.

Dieses frei ausgespannte Häutchen umgiebt den Sehnerven im ganzen Umfange und endet erst im Fundus der Scheidenräume. Zu demselben treten von der Dural-scheide her kurze, starke, im Fundus besonders zahlreiche Verbindungsbalken, die ohne jede Verästelung (Axel Key und Retzius, Schwalbe) theils in die Aussenfläche desselben eindringen, um sich pinselartig in ihm aufzulösen, theils dasselbe durchsetzen, um am Aufbau eines gleich zu erwähnenden zweiten Balkenwerkes theilzunehmen. Auf der Seite, welche der pialen Scheide zu-

gewandt ist, entwickelt sich nämlich aus zahlreichen confluierenden Wurzeln eine Menge analoger, nur schwächerer Stämme, die, in verschiedenen Richtungen dem Sehnerven zustrebend, durch Verästelungen und gegenseitige Anastomosen ein immer dichter werdendes Netz etabliren.

Die Balken selbst, mögen sie nun dem subduralen oder subarachnoidealen Raume angehören, bestehen aus einer wechselnden Anzahl collagener Längsfibrillen mit sehr wenigen, immer oberflächlich im Bündel gelegenen elastischen Fasern und einer dieselben vollständig (Schwalbe, Axel Key und Retzius) umfassenden Bekleidung mit endothelialen Plättchen. Ihr Aussehen ist ein glasiges mit nur matt sich marquirender Längsstreifung. Lässt man Essigsäure einwirken, so treten in wechselnden Abständen die umspinnenden Fasern zwischen der quellenden Masse auf (Donders, Henle, Leber) und erzeugen ein Bild, welches mit einem stark aufgeblasenen Dickdarm ungezwungen verglichen werden kann.

Es wurde erwähnt, dass die von der duralen Scheide kommenden Balken aus dem Gewebe der letzteren selbst sich entwickeln. Die endothelialen Plättchen der Balken haben dieselben Eigenschaften, welche bereits bei der Dura optici geschildert worden sind. Sind sie doch eine continuirliche Fortsetzung der inneren Auskleidung derselben. Auffällig erscheint an dem Hauptbalken vielleicht nur der Umstand, dass die ovalen Kerne durch ihre beträchtlichere Prominenz, die Zellplättchen durch ihre gröbere protoplasmatische Körnelung und bedeutendere Stärke imponiren.

Die einzelnen Zellplättchen sind sowohl an diesen Balken, als auch an der arachnoidealen Scheide nur sehr schwer in genügender Weise zu isoliren und habe ich wirklich gute Bilder derselben immer nur mehr zufällig erhalten.

Von dem subarachnoidealen Balkennetze wird gegenüber dem Gewebe der Pia optici ein doppeltes Verhalten beobachtet. In einer Anzahl der Fälle sehen wir die von Schwalbe beschriebenen Endigungen der Balken in Plättchen, welche mit der pialen Scheide durch lockeres Bindegewebe vereint werden; wenigstens konnte ich wiederholt die schon recht feinmaschig gewordenen Netze der subarachnoidealen Balken von der Pia optici rein und glatt isoliren, was nicht möglich wäre, wenn eine Verflechtung mit den pialen Bündeln selbst stattfände.

In einer ebenso grossen Reihe von Präparaten fand ich indessen auch den directen Eintritt von Balken mittleren Calibers bis tief in die Pia optici und nichts von einer Plättchenform.

Schliesslich füge ich noch hinzu, dass auch hier die endotheliale Bekleidung der Balken eine totale ist und der gleiche Unterschied zwischen Stämmen und Aesten hinsichtlich der Körnelung, der Dicke der Zellplättchen und der Prominenz der Kerne obwaltet.

Piale Scheide.

Wenden wir uns schliesslich zur Untersuchung der Structur der pialen Scheide, so finden wir, dass sich dieselbe analog den Befunden von Henle und Merkel*) an der gleichnamigen Scheide des Rückenmarks, trotz des vielfachen Wechsels in der Mächtigkeit, im Allgemeinen in zwei Lagen theilen lässt.

Jedenfalls besteht die dem Nerven nächste Partie immer aus fibrillären, lockeren, längs verlaufenden Bindegewebsfasern, welchen ovale Kerne von 0,009—0,016mm Länge und 0,0045mm Breite eigen sind. Die Stärke dieser Zone ist aber äusserst schwankend: als Extrem

*) Ueber die sogenannte Bindesubstanz der Centralorgane des Nervensystems. Zeitschr. f. ration. Medic. 34. Bd.

aus einer grossen Anzahl von Messungen stellen sich 0,004 und 0,016 mm heraus. Der Spielraum der Schwankungen ist deshalb so beträchtlich, weil nicht immer auf eine, dann allerdings relativ mächtige, längsfaserige Schichte die circuläre direct folgt, sondern erst nach einem häufigen Wechseln zwischen beiden Gattungen. Gewöhnlich reiht sich einer schmalen innersten Lage dann eine etwa ebenso breite circuläre von gleichem d. h. lockerem Charakter an, welcher wieder eine längs gestellte folgt, die in dem Falle grobfasriger wird. Nun wechseln die Längs- oder Querfaserschichten entweder noch einmal, oder es entwickelt sich definitiv die derbe, dickfaserige circuläre. An dünnen Längs- und Querschnitten überzeugt man sich ferner in specie auch davon, dass solches Verhalten regellos ist und bald überall, bald nur partiell, innerhalb einer bestimmten Strecke, vorkommen kann. Waren die Verhältnisse in dieser Weise complicirt, so stellt sich auch die circuläre Schicht stets schwächer dar, als im anderen Falle, wo sie durchschnittlich 0,008—0,01 mm misst.

Der feinere Bau bietet wenig Eigenthümlichkeiten. Zwischen den längsfaserigen Fibrillen sind zahlreiche elastische Elemente eingewebt, desgleichen auch in den circulären Bündeln, welche besonders nächst der äusseren Oberfläche glasig aussehen und die umspinnenden Fasern Henle's zeigen. Die vielfach eingestreuten ovalen Kerne gehören auch hier denselben elastischen Zellenplättchen an, welche bereits wiederholentlich erwähnt und beschrieben wurden. Einen Unterschied dieser in den verschiedenen Lagen vermochte ich nicht zu erkennen. Nur die protoplasmatische Körnelung um den Kern schien mir in der inneren Lage meist geringer, als in der äusseren zu sein.

In einer Entfernung von ca. 6mm vom Fundus der Scheidenräume greift auch in der pialen Scheide gewöhn-

lich eine geringe Verdickung um sich. Ich konnte dieselbe aber weder beständig, noch auch an eine bestimmte Schicht gebunden finden. Daher vermuthete ich, dass individuelle Eigenschaften hierbei vorwiegend im Spiele sind. Gewöhnlich ist das Bild, unter welchem sich die Verdickung darstellt, derartig, dass derbe Längs- und Querfaserlagen mehrfach wechseln und zwischen sich noch zahlreiche schiefe Bündel bergen.

Mit der circulären äusseren Lage der Pia optici darf nicht jene oben gekennzeichnete inconstante plättchenförmige Endigung des arachnoidealen Balkennetzes verwechselt werden. Beide bestehen vielmehr selbstständig neben einander, wie sorgfältige Isolationen an recht dünnen Schnitten ausser Zweifel setzen.

Diesen nicht ganz einfachen Begrenzungen entsprechend, ist natürlich die Frage, ob wir einen zusammenhängenden endothelialen Zellenbelag gegen den subarachnoidealen Raum annehmen dürfen, nicht ganz leicht zu lösen. Zudem liefert die Behandlung mit Silbersalpeter in den meisten Fällen keine Resultate, so dass man fast lediglich auf die Isolirung der entsprechenden Membranen angewiesen ist. Ich habe mich lange hiermit beschäftigt und möchte mich mit Bestimmtheit für die Existenz eines wirklichen derartigen Häutchens aussprechen. Nach Allem wenigstens, was ich von dem Aussehen isolirbarer endothelialer Gebilde nach Härtung in Müller'scher Flüssigkeit kenne, kann ich an der Identität mit solchen nicht zweifeln.

Noch precärer gestaltet sich die Untersuchung, wenn man das Verhalten der inneren Oberfläche des Pia optici nach dieser Richtung prüfen will, und zwar besonders deshalb, weil bei gewöhnlicher Conservirung zwischen ihr und dem äussersten Nervenbündel nur ein minimaler Spalt besteht und auch ein Abheben beider von einander der vielfach abtretenden Balken wegen fast unmöglich ist.

Es bleibt somit allein das Studium von feinen Längs- und Querschnitten übrig, und wie schwer dann eine derartige Entscheidung wird, dürfte ohne Weiteres einleuchten.

Ich enthalte mich daher, eine präzise Ansicht zu äussern, und erwähne nur, dass ich an einer ganzen Reihe von Präparaten längs der scharf begrenzten Innenfläche der Pia optici deutliche ovale Kerne in membranartiger Verbindung sah, wie dieselbe am Gefässendothel so häufig sichtbar wird (vergl. Fig. 8).

Hätte die gegenüberliegende Fläche des Nervenfaserbündels gleichfalls die Neurogliakerne gezeigt, so würde ich mich zu einem positiven Schlusse berechtigt halten. Es ist dies aber gewöhnlich nicht der Fall, wie überhaupt gerade an dieser Seite des äussersten Nervenbündels zwar eine scharfe, fast membranartige Abgrenzung, aber nur selten eine Kernreihe anzutreffen ist.

Nervöse Ausbreitungen liessen sich an der Pia ebensowenig mit Sicherheit constatiren, wie in der Arachnoidea optici. Dahingegen ist der Gefässreichthum ein bemerkenswerther und geradezu auffallender.

Es finden sich nämlich zahlreiche Gefässe mittleren Durchmessers, meist zwischen der längsfibrillären und circulären Schichte gelegen, an denen im Verhältniss zu ihrem Caliber eine starke Umscheidung und eine gleichfalls bedeutende Ausbildung des Muscularis hervortreten.

Septensystem.

Bei der makroskopischen Betrachtung wurde bereits erwähnt, dass selbst durch starken Zug die Pia optici nicht rein vom Nervenstamme zu lösen ist. Wir vermutheten schon damals eine innige Verbindung, die vermittelt vieler sich hineinerstreckender olivengrüner Septen bedingt würde.

Legt man zwecks genauer Erforschung möglichst feine Schnitte, zunächst Längsschnitte, durch die Mitte

des eigentlichen Nervenstammes, so erkennt man, besonders wenn vorher mit Haematoxylin oder Carmin gefärbt wurde, eine grössere Anzahl fibrillärer Balken. Dieselben, etwa 20—25, beobachten ungefähr gleiche Abstände und verlaufen sowohl unter einander, als der Richtung des Nerven parallel. Zahlreiche dünnere Seitenäste vermitteln ein enges Anastomosennetz.

Wirklich klar wird die Vertheilung des bindegewebigen Gerüstes aber erst bei Untersuchung der entsprechenden Querschnitte des Nerven.

Schon bei ganz schwacher Vergrösserung stellt sich jetzt heraus, dass einerseits alle Balken einzig und allein aus der Pia stammen, sich direct aus ihrem Gewebe entwickeln, sowie, dass andererseits die Mächtigkeit der einzelnen ausserordentlich wechselt. Auf den ersten Blick erregen 6—9 besonders starke Septen unsere Aufmerksamkeit. Dieselben bedingen entweder gleichsam eine segment- oder sectorenförmige Gliederung des Querschnitts, oder sie verlieren, baumartig sich verästelnd, schnell an Stärke, um in den mittleren Theilen sich durch nichts von den übrigen Balken zu unterscheiden. Zwischen diesen grösseren Stämmen senken sich nun zahlreiche kleinere und kleinste Septula in Abständen von etwa 0,06 bis 0,1 mm zwischen die Nervenbündel und communiciren vielfach mit den erstgenannten, deren Vorkommen durchaus nicht constant ist. Beide helfen Räume begrenzen, deren Formen bald dreieckig, bald rund, oval oder polyedrisch sein können und die bunt durcheinander gewürfelt liegen. Immer sind indess die Ecken abgerundet, im Gegensatz zu dem Verhalten bei den Thieren, wo dies gewöhnlich nicht der Fall ist. Noch deutlicher als am Längsschnitt hebt sich hier das Gewebe der Septen von den eingelagerten Nervenbündeln durch scharfe Begrenzungen, sowie einen, wenn auch geringen Spaltraum ab. — Macht man durch einen und

denselben Sehnerven feine Querschnitte einmal in der Nähe des Foramen opticum, dann im mittleren Verlaufe zwischen Orbitalwand und Bulbus, um vergleichsweise zu sehen, ob und resp. wie das Septensystem hinsichtlich seiner Verzweigungen sich ändere, so findet man, dass zwischen den Schnitten dieser beiden Stellen keine nennenswerthen Verschiedenheiten obwalten.

Resumiren wir das, was der Längs- und Querschnitt lehrte, so müssen wir innerhalb des Nerven zahlreiche bindegewebige Fortsätze annehmen, die von seiner pialen Scheide ausgehend ein festes Gerüste darstellen, in welches die Nervenmasse in Form von glatten Bündeln hinein gelagert erscheint.

Die Form der Balken im Querschnitt ist eine durchaus inconstante. Vorwiegend sind sie oval oder bandartig abgeplattet, nicht selten stellen sie sich aber auch als quadratisch oder prismatisch dar. Es hängt dies jedenfalls von dem Orte sowie von der Vertheilung der Seitenäste ab. Im Allgemeinen finden sich um je ein primäres Nervenbündel 5—6 in etwa gleichen Abständen gelagert.

Die feinere Structur der Balken ist folgende: In der Mitte eines jeden findet sich stets ein seiner Dicke proportionales Gefässlumen, an welchem eine relativ starke structurlose Elastica (Henle) auffällt. War der Balken dünn, so sind alsdann fibrilläre Fasern in nur geringer Menge aufgelagert. Man kann aber auch an diesen zumeist Kerne nachweisen, welche ihrer Oberfläche in wechselnden Abständen eigen sind. Bei stärkeren Septen (vergl. Fig II.) ist der Bau etwas complicirter. Hierselbst lassen sich zunächst um das Gefäss eine einfache, oder doppelte concentrische Bindegewebslamelle mit einzelnen ovalen Kernen unterscheiden. Nach aussen folgt sodann eine weitere, compactere Umscheidung von Fibrillen, die durch eine sehr resistente Kittsubstanz zusammengehalten

werden und die gleichfalls oberflächliche Kerne (Fig. IX. B. g.) führt. Man kann also an einem solchen stärkeren Balken eigentlich zwei Bindegewebslagen unterscheiden, eine dünnere, innere, lose und eine äussere, fest gefügte, stärkere.

Die sichere Isolirung der ovalen, etwa 0,009 langen und 0,004 bis 0,005 mm breiten Kerne, welche den Septen angehören und welche sich theils an der Oberfläche, theils im Innern derselben finden, gelang mir nicht. Manchmal glaubte ich sie zwar in Form plättchenartiger Gebilde mit schönen ovalen Kernen gesondert zur Anschauung gebracht zu haben, allein ich kann diesen Präparaten bei nochmaliger Durchsicht keine absolute Beweiskraft zusprechen.

Die Fibrillen der Septen sind mit Ausnahme der nicht gar häufigen elastischen Fasern collagener Natur. Sie unterscheiden sich vom gewöhnlichen Bindegewebe durch ihre beträchtlichere Resistenz gegen verdünnte Säuren.

Im Allgemeinen sind sie stets dem Verlaufe des Balkens parallel gestellt. Nur in den Anfangstheilen der erwähnten stärkeren Septen findet man eine Strecke weit circuläre Fasern, die indess schnell verschwinden. Beachtenswerth sind in dieser Beziehung auch die Stellen, an welchen Verbindungszweige in den longitudinalen Säulen münden (vergl. Fig. 2.), weil naturgemäss durch das Umbiegen hier quere Fasern vorgetäuscht werden müssen und weil auch in der That derartige Bilder zu Verwechselungen Veranlassung gegeben haben.

Eine Modification in der Anordnung der Septen hat statt, sobald die Centralgefässe in den Sehnerven eindringen. Ueber die mannigfachen Variationen des Ortes des Eintritts sowohl der Arterie wie der Vene, oder beider zusammen, will ich mich nicht weiter verbreiten, sondern nur anführen, dass

gewöhnlich die Arterie etwas weiter von dem Auge entfernt, als die Vene an den Sehnerven sich legt (Leber). Der Unterschied kann bis 7 mm betragen. Häufig senken sie sich aber auch beide vereint in den Nerven hinein und endlich ereignet sich der dritte Fall, dass umgekehrt erst die Vene und dann die Arterie eintritt.

Wie bekannt, ändert der Nerv unmittelbar vor der Aufnahme der Gefässe seine runde Form in eine ovale um, die am Querschnitt dadurch etwas hufeisenähnliches erhält, dass vom Rande her ein schon makroskopisch sichtbarer Bindegewebszug mit einem ober beiden Gefässen in der Richtung eines langen Radius zur Axe strebt. Findet ein gesonderter Eintritt statt, so bleibt die ovale Form, wenn der Abstand beider kein grosser ist. Im anderen Falle erfolgt aber eine zweimalige ovale Umgestaltung.

Der Winkel, unter welchem die Nervenmasse durchbrochen wird, beträgt zum Längsverlauf des Nerven etwa 70—80° und zwar finde ich ihn an der Arterie immer noch etwas grösser, als an der Vene. Natürlich müssen die Gefässe in der Nähe der Axe fast rechtwinklig umbiegen, wofern sie fortan hierselbst weiter verlaufen wollen. Es tritt dies aber nicht immer ein. So besitze ich Präparate, an welchen deren Verlauf durchaus nicht central, sondern zwischen äusserem und mittlerem Drittel des Nervendurchmessers gelegen ist.

Bei der Untersuchung der Umhüllungen der centralen Gefässe interessirte mich besonders die Frage, ob die ganze piaie Scheide, oder nur ein Theil, vielleicht der innere längsfibrilläre, bei der Involvirung mitfolgt. Ich bin auch hierbei zu der Erkenntniss geführt worden, dass selbst in diesem ja jedenfalls wichtigen Punkte beträchtliche individuelle Verschiedenheiten mit in Frage kommen und man sich vor einer allzu bestimmten Formulirung der Sätze zu hüten hat.

Gewöhnlich fand ich, dass die eintretenden Gefässe von der ganzen Pia optici begleitet werden — wie die entwicklungsgeschichtlichen Notizen zeigen sollen, durch totale Einstülpung bewirkt — und dass dieselben ausser von ihren adventitiellen Scheiden noch von mehrfachen perivascularären Lamellen,*) denen sich eine Strecke weit selbst noch subarachnoidale Bündel anschliessen, umgeben sind. Die letzteren verschwinden zwar schnell, noch bevor die Axe des Nerven erreicht ist, die anderen Umhüllungen aber treten auch fernerhin auf dem Querschnitte deutlich hervor. Betrachten wir einen solchen genauer, so fällt an den eigentlichen Gefässwandungen mit Ausnahme der relativ sehr starken Muscularis der Arterie sowie an der Adventitia nichts Eigenthümliches auf. Die perivascularären Scheiden finden sich an der Arterie in 3- ja 5facher Lage und sind lose mit dem eigentlichen pialen Gewebe verbunden und demgemäss davon zu isoliren (vergl. Fig. 8.). Die sich anschliessenden schiefen und circulären Bündel der Pia optici vermochte ich nur etwa 1 mm weit im axialen Verlaufe zu verfolgen; weiter fanden sich vorwiegend derbe, feste Längsfibrillen von hyalinem Aussehen, mit ellipsoiden Kernen, sporadisch von schrägen Bündeln durchflochten, die aber gleichfalls schnell aufhören. Noch weiter nach aussen, den Nervenbündeln zunächst schliessen die lockeren Längsfibrillen das eigentlich piale Gewebe ab.

Als Consequenz der Einstülpung der ganzen Pia, optici ergiebt sich, dass fortan die Vascularisation nicht mehr ausschliesslich von der Peripherie des Nerven, sondern wenigstens für die um den Centralcanal zunächst gelegenen Theile von der eingestülpten Partie erfolgen

*) Adventielle Scheiden nenne ich im Weiterem die jedem Gefässe: Arterie, Vene, sowie den meisten Capillaren, zukommende, eigenartige Umscheidung. Die nach aussen von dieser gelegenen Lamellen oder Räume werden als perivascularäre angesprochen.

wird. Ich möchte hierauf um so mehr aufmerksam machen, als man ja auch fast stets an Schnittserien, welche die Eintrittsstelle umfassen, ausser den beiden grossen centralen Gefässen noch 2 oder 3 weniger breite eindringen sieht, von denen zwei kleineren oder mittleren Arterien, das dritte, nicht constante, einer ebensolchen Vene zukommt. An Querschnitten des centralen Bindegewebsstranges liegen die letzteren immer ausserhalb des lockeren periväsculären Gewebes, entweder im derben festen (der circularen Schichte entsprechenden) Gewebe der eingestülpten pialen Scheide, oder zwischen diesem und dem längsfibrillären. Sie theilen sich vielfach und versehen die anstossenden Septen mit Aesten. Je näher wir aber der Lamina cribrosa kommen, um so dünner werden die Lumina dieser Gefässe und schliesslich verschwinden sie ganz, bevor noch diese letztere erreicht ist. Abgesehen von diesen doch eigentlich pialen Gefässen, konnte ich aus dem centralen Bindegewebsringe oder besser aus den centralen Gefässen selbst vor dem Passiren der Siebplatte nur sehr spärliche, wirklich abresp. zutretende Aeste constatiren. Dieselben waren zudem fast durchgehends venöser Natur, und ihr Durchmesser schwankte zwischen 0,008 und 0,025 mm. An der Arterie hingegen sind Verästelungen grosse Seltenheiten, solange die eben beschriebenen der Pia optici existiren. Erst mit dem Aufhören dieser nahe der Lamina cribrosa sieht man zahlreichere Zweige abtreten.

Es leuchtet ein, dass dieses Verhalten — sowohl der Einstülpung der ganzen Pia optici, als der Anordnung der Gefässe mit ihren Scheiden — besondere Wichtigkeit erlangt, wenn man sich bemüht manche Erscheinungen am Sehnerven zu erklären, die in Folge von Meningitis auftreten.

Denken wir uns nämlich den entzündlichen Process längs der Pia optici herabsteigen, so wird natürlich

schon eine mässige Hyperaemie und Schwellung dieser vereint mit der nämlichen an den subarachnoidalen Balken eine ganz beträchtliche Compression nicht nur der adventitiellen und perivascularären Räume der Arterie, mit consecutiver Lymphstase und zelliger Infiltration in diesen, sondern in noch höherem Grade der dünnwandigeren Vene selbst verursachen müssen. Prädilectionspunkte für die Druckwirkung auf die Vene sind natürlich einmal die Stelle des Eintritts in den Nerven, dann die der rechtwinkligen Umbiegung zur axialen Richtung.

Das ophthalmoscopische Bild zeigt, wenn es bei einer geringgradigen vorübergehenden Affection bleibt, eine starke Hyperaemie im Gebiete der centralen Vene, sowie eine weissliche Umrandung aller stärkeren besonders der arteriellen Gefässe.

Am anatomischen Präparate ist, wie ich anticipando schon hier bemerke, als Substrat für die weissen Streifen um die Gefässe nur ein grösseres Auseinandergewichensein der adventitiellen und perivascularären Lamellen und eine Füllung der analogen Räume mit stark eiweisshaltigem Exsudate und lymphoiden Zellen zu sehen.

Von dem oben erörterten Verhalten, wo die ganze Pia optici und selbst noch Theile des subarachnoidalen Balkennetzes den eintretenden Gefässen folgten, weichen die Fälle ab, in denen die piale Scheide nicht in ihrer Totalität der Einstülpung sich anschliesst. Man vermisst alsdann die äussere circuläre Schicht fast vollständig.

Die oben erwähnten kleinen im Querschnitt des Bindegewebsstranges auftretenden Aeste,*) welche ich dem pialen Gefässsystem zusprach, entspringen nach Schwalbe und Leber aus der centralen Arterie, gewöhnlich hart an der Umbiegungsstelle. Schwalbe fügt

*) Donder's erwähnte zuerst, dass am Querschnitt des Bindegewebsstranges ausser den centralen Gefässen noch lumina kleiner Aeste vorkämen.

hinzu, dass manchmal insofern noch eine Complication möglich sei, als anstatt dieses einen Astes sowohl an der Umbiegungstelle, wie etwa auf halbem Wege zum Bulbus je ein kleines Aestchen abtrete, um gesondert an der Ernährung des Sehnerven zu participiren.

Davon, dass auch die Arteria centralis einen oder zwei derartige Aeste abgeben kann, um an der Ernährung des Sehnerven in analoger Weise Theil zu nehmen, wie von den pialen Gefässen beschrieben wurde, habe ich mich gleichfalls, wiewohl selten, überzeugen können. Ob es sich hierbei aber nur um ein vicarierendes Eintreten der centralen Gefässe handelte, oder ob in der That beide Arten normaliter bestehen können, darüber vermag ich mich nicht zu äussern.

Allmählig wird der centrale Bindegewebsstrang auf seinem Wege zum Bulbus etwas dünner. Die Verschmälerung tritt nur ganz unmerklich auf, so lange die Arteria und Vene sich am Aufbau der Lamina cribrosa nicht betheiligen.

Ausser dem Auftreten dieses centralen Bindegewebsstranges, wird durch die grossen Gefässe weder am Längs- noch Querschnitt eine Veränderung in der Lagerung der Septen wahrnehmbar. Erst bei grösserer Annäherung an den Bulbus, etwa in einer Entfernung von 3—4 mm von diesem beginnen die früher dünnen Seitenäste stärker zu werden und sich mehr zu marquieren, ein Verhalten, welches fortan stetig zunimmt und in der Höhe der Aussenfläche der Sclera so überwiegt, dass die ehemals mächtigen longitudinalen Säulen fast ganz in den Hintergrund treten. Diese eigenthümliche Umwandlung wird durch das Aufhören der Scheiden und die Einschaltung eines neuen Gefässbezirks, des Zinn-Jaeger'schen scleralen Gefässkranzes, veranlasst.

Configuration des Durchtrittsloches.

Nachdem die Structur der einzelnen Scheiden dargestellt worden, erübrigt es noch zu erörtern, in welcher Weise dieselben sich in die formgebenden Häute des Auges fortsetzen resp. in welcher Weise sie sich an der Auskleidung des Durchtrittsloches des Sehnerven betheiligen. Natürlich schliesst sich dann jene schon so häufig ventilirte Frage an, ob und in welcher Weise resp. bis zu welchem Punkte die innere oder piale Scheide mit der Chorioidea in directem Zusammenhange steht.

Bevor wir indessen den Uebergang selbst characterisiren, wollen wir ganz kurz die Form des Eintrittsloches, sowie die Structur der angrenzenden Sclera und Chorioidea besprechen.

Wie schon Fr. Arnold bemerkte, ist die Form des Eintrittsloches eine conische, sich von aussen nach innen continuirlich verjüngende, die am Schnürringe der *Elastica chorioideae* den engsten Punkt erreicht: während in der Höhe des Scheidenraumes der Durchmesser des Nervenstammes zwischen 3—4mm schwankt, misst er an dieser Stelle nur zwischen 1,5—2,0mm. Er wird also um die Hälfte seines Volumens dünner.

Dies Verhalten der allmählichen conischen Zuspitzung bis zum Eintritt in den inneren Raum des Auges wird aber nicht in allen Fällen angetroffen. Ja, Axel Key und Retzius zeichnen sogar, als der Norm entsprechend der Art, dass die engste Stelle der conischen Verjüngerung etwa dort sich findet, wo das innerste Drittel der Sclera beginnt, während der Canal in diesem, sowie in der Aderhaut etwa das gleiche Caliber beibehält.

Hinsichtlich der Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Modificationen bemerke ich, dass an 25 hierauf

untersuchten Augen die vorwiegend conische Form des Canals 10mal, die conisch parallele oder umgekehrt trichterförmige (Axel Key und Retzius) 9mal notirt wurde. Die restirenden 6 ergaben eine Form, die einen dritten Typus repräsentiren würde. Derselbe weist die engste Stelle des Canals ebenfalls in der Nähe der inneren Oberfläche der Sclera auf. In der Folge bleibt das Lumen aber nicht gleich, sondern erweitert sich trichterförmig gegen die Retina zu, wodurch ein annähernd x-förmiges, oder noch besser, doppelt trichterförmiges Bild resultirt.

Die Kenntniss dieses Punktes ist deshalb von grosser Wichtigkeit für den praktischen Ophthalmologen, weil an ihrer Hand das Fehlen resp. Vorhandensein des sogenannten Scleralringes mit seinen zahlreichen Modificationen leicht erklärlich wird, insofern ja in allen unter die Kategorie 2 und 3 fallenden Augen das Auftreten eines weissen, den Sehnerven umgrenzenden Ringes ohne weiteres von selbst verständlich wäre.

Ausser diesen 3 typischen Formen muss noch einer Anzahl von Variationen resp. Combinirungen Erwähnung gethan werden. Zunächst giebt sich in einer Reihe von Fällen, wo im Allgemeinen die Form des Canals als eine conische imponirt, noch ein Unterschied zwischen äusserer und innerer Wandung kund. Derselbe ist dadurch bedingt, dass die eine Wand eine mehr weniger grosse Ectasie im inneren Drittel der Sclerotica nach auswärts zeigt. Als ich dies Verhalten zum ersten Male sah, dachte ich unwillkürlich an das eventuelle Anfangsstadium eines neuritischen Wulstes, wie solcher der Neuritis in Folge lymphatischer Stauung immer vorausgeht und gerade hier zuerst sich etablirt. Das Fehlen jedes ophthalmoskopischen Befundes, sowie die bis zur letzten Stunde gute Sehschärfe, verbunden mit dem Fehlen aller übrigen pathologischen Veränderungen liessen mich jedoch eine

derartige Affection ausschliessen. — Die zweite Abweichung von der einfach conischen Verjüngung ist durch eine leichte parabolische Ausschweifung der Wandungen zwischen Glashaut der Chorioidea und äusserem Drittel der Sclera verursacht. Dieselbe ist gewöhnlich beiderseitig. Ein Uebergang zum zweiten Typus wird durch jene Fälle angebahnt, welche auf der einen Seite eine conische oder conisch ellipsoide, auf der entgegengesetzten aber eine dem letzteren angehörige Form der Wandung besitzen. Die weiteren Möglichkeiten, welche sich einfach ergeben, will ich nicht aufzählen. Vielmehr begnüge ich mich mit der Bemerkung, dass alle nur denkbaren Uebergänge thatsächlich sich finden und dass ein Specialisiren über die oben angenommenen Typen hinaus mir nicht nur gekünstelt, sondern sogar unthunlich erscheint.

Structur der angrenzenden Chorioidea.

Gemäss der besprochenen Configuration des Eintrittsloches wird auch die Endigungsweise der Chorioidea eine vielfach wechselnde sein müssen. Denn es leuchtet ein, dass, während diese in dem einen Extreme von aussen nach innen abgestutzt aufhört (Typus 3), sie in dem andern spitz ausgezogen erscheinen muss, derart, dass die Schichten sich allmählig verschmächtigen und successive verlieren und schliesslich nur die Elastica mit wenig faserigem Gewebe den vorspringenden sogenannten choroidealen Ring darstellt.

Hinsichtlich der Glashaut der Chorioidea ist zu erwähnen, dass dieselbe, wie Sattler bewiesen hat, dessen Angaben ich bestätigen kann, aus zwei Lagen besteht, einer inneren dünneren und einer äusseren stärkeren, die isolirbar sind, nie Kerne führen, durch kein Mittel in faserige Elemente sich auflösen lassen und, wie ich hinzufügen möchte, am Sehnerveneintritte gleichzeitig

aufhören. In allen Fällen zeigt sich die *Elastica* bis zu ihrer Endigung mit Pigmentepithelzellen bepflanzt, unbeschadet, dass die Stäbchen und Zapfenschicht schon früher ihr Ende erreicht. Interessant ist dabei die Thatsache, dass in nicht seltenen Fällen die *Elastica* nicht geradlinig gegen die Nervenmasse gerichtet abschneidet, sondern sich nach der Netzhaut zu umschlägt und parallel dem äussersten Nervenfaserbündel eine Strecke weit (bis 0,015mm) verläuft. Zuweilen findet man auch noch ein Gefäss, der umgestülpten *Elastica* anliegend, aus der *Choroidea* in das Auge eintreten und von sparsamem, aber deutlich fibrillärem, Gewebe begleitet. — Isolirte Flächenpräparate liessen sich von der dem Sehnerven nächsten Partie der *Elastica* trotz vielfacher Versuche nicht darstellen; dennoch glaube ich, dass sich an der der *Choriocapillaris* zugewandten Seite der Glashaut, jene von Sattler beschriebenen Gitterwerke mit Ausnahme einer das Eintrittsloch umgrenzenden Zone von etwa 0,25mm Durchmesser ebenso deutlich finden, als in den mittleren und peripheren Theilen der Aderhaut, wo die Existenz derselben ganz unschwer nachzuweisen ist. Sie stellen sich dar als „gröbere Linien“, die ein ziemlich unregelmässiges Netzwerk mit sehr verschieden gestalteten Maschenräumen aufbauen, in welchem Netzwerke dann ein noch viel zarteres und kleineres polymorphes unterscheidbar wird.

Ueber die eigentliche Natur und das Wesen dieser nach Behandlung mit Müller'scher Lösung anzutreffenden Netzwerke konnte ich indess keineswegs in's Klare kommen. Nur so viel wurde mir wahrscheinlich, dass es nicht faserig sei und etwa dazu bestimmt, die *Choriocapillaris* mit der Glashaut zu verlöthen. Diese beiden hängen vielmehr immer „ohne Vermittlung eines bindegewebigen Stromas“ (Sattler) zusammen.

Das Verhalten der Capillarschicht ist gleichfalls

beachtenswerth. Es verdient hervorgehoben zu werden, dass sie sich fast niemals bis zum wirklichen Rande der Chorioidea erstreckt, mag dieselbe nun spitz ausgezogen oder stumpf abgeschnitten sein, sondern eine individuell verschieden grosse Strecke vorher endet. Sie verschwindet also nicht nur absolut, sondern auch relativ früher als die Glashaut. Dabei waren die Capillarmaschen schon vorher ausserordentlich eng, die Kerne der capillaren Wandung aber dünn, klein und sehr sparsam geworden. Hinsichtlich des sonstigen Verhaltens dieser Schicht jenseits einer Entfernung von einem Millimeter vom Nerven, fand ich die Wandungen der Capillaren in allen normalen Augen ausgewachsener Individuen, homogen, die Kerne ellipsoid und zart granulirt (Sattler).

Vergeblich wurde in der Substanz der capillaren Mascheninseln das von Iwanoff*) betonte äusserst feine Netzwerk gesucht, so dass ich im Anschluss an Henle³⁰), Haase**), Sattler, dieselben als structurlos, und die feine Punktirung als Ausdruck einer protoplasmatischen Körnelung in Folge Wirkung der Reagentien ansprechen möchte.

Schwieriger gestalten sich die Verhältnisse, wenn man auch die weiteren Schichten der Chorioidea betreffs ihrer Endigung gegen das Eintrittsloch hin verfolgt.

Bekanntlich hat Sattler die Kenntniss der Structur der Chorioidea besonders dadurch gefördert, dass er nach aussen von den Capillaren ein continuirliches Zellhäutchen nachwies, welches von einem mehrschichtigen Fasernetze gefolgt wird, dem ein zweites, wahrscheinlich ähnliches, Zellhäutchen aufsitzt. In dieser Schicht elastischer Netze sollen die kleinen Arterien, sowie die kleinen und mittleren Venen verlaufen, welche letztere perivasculäre Scheiden und zarte adventitielle Hüllen,

*) Iwanoff, Archiv f. Ophth. XV.

**) Haase, Archiv f. Ophth. XV. 1.

„deren Mächtigkeit im umgekehrten Verhältnisse zum Lumen der Gefässe steht“, besitzen. Unter Anwendung der von Sattler empfohlenen Hilfsmittel habe ich mich von der Existenz des inneren Zellenhäutchens an mit Haematoxylin oder Carmin gut tingirten Flächenisolationen auf's Unzweifelhafteste überzeugt. Am Querschnitt ist das Häutchen gleichfalls constatirbar, wenn auch nicht in so sprechender und überzeugender Weise.

Zu ebenso positiven Resultaten kam ich betreffs des zweiten äusseren Häutchens, doch will ich hier nicht weiter darauf eingehen, da ich an einer anderen Stelle ausführlicher über diese Punkte zu berichten gedenke.

Hinsichtlich der Endigungsweise eben erwähnter Schicht elastischer Netze, sowie der nach aussen folgenden pigmentirten Lamellen, welche letzteren an ihrer freien Oberfläche elastische Zellplättchen besitzen und besonders mächtig zwischen den grösseren Gefässen angeordnet erscheinen, liess sich wenig positives eruiren. Nur so viel glaube ich betonen zu dürfen, dass jenes endotheliale Häutchen bereits vor der Choriocapillaris auf nicht näher zu bestimmende Weise verschwindet und dass die Stromalamellen nun eine Strecke weit direct an die Capillaren sich anlegen.

Resumiren wir kurz, so ergab sich also, dass von der Aderhaut, mag dieselbe nun zugespitzt oder rechtwinklig abgeschnitten sich darstellen, nur die Elastica bis an den Rand des Eintrittsloches reicht, die Choriocapillaris dagegen früher und vor dieser noch die Schicht der kleinen Gefässe endet. Der Raum zwischen diesen stufenweise abrückenden Schichten und der Sehnervengrenzung wird dadurch ausgefüllt, dass sich die Stromalamellen, welche hierselbst durch circuläre Faserbündel ausserordentlich dicht mit einander verwebt und reich an intensiv pigmentirten sternförmigen Zellen sind (Donders), einschieben. Diese letzteren finden sich

also eventuell der *Elastica* anliegend, in welchem Falle dann dieselbe beiderseits von pigmentführenden Elementen umgeben wird.

Die Stromalamellen reichen indess nie direct bis zum Sehnervenrande. Zwischen beiden liegt vielmehr stets eine nach vorn dünner werdende individuell verschieden breite Lage von circulären und longitudinalen Fasern, in welche auf unten näher zu beschreibende Weise sich die Choroidealamellen hineinflechten.

Diese Lage ist eine Fortsetzung der *Pia optici* und soll noch weiter unten einer genaueren Besprechung unterzogen werden.

Auch die Suprachorioidea hat in der Nähe des Eintrittsloches ihren Character ganz wesentlich geändert.

Während im übrigen Augenhintergrunde die Balken in wechselnder Entfernung schräg von der Faser- zur Aderhaut ziehen und den Arnold-Schwalbe'schen Raum in ein weites Fächerwerk theilen, nehmen hier die sowohl von der Sclera, wie Chorioidea sich abblätternden Lamellen einen meridionalen Verlauf an und gehen den Häuten parallel zu dem Rande des Eintrittsloches. Auf diesem Wege verwachsen gewöhnlich die einzelnen unter einander oder bilden wenigstens durch wiederholten Austausch von Fasern ein sehr feines Maschenwerk, wodurch in beiden Fällen eine innige Verbindung zwischen Ader- und Faserhaut hergestellt wird.

Auch hier ist die Pigmentirung der Lamellen je näher dem Nerven um so intensiver.

In einzelnen Fällen habe ich den Arnold-Schwalbe'schen Raum zwar schmaler werden, aber als deutlichen Spalt bis zur *Pia optici* hinziehen und selbst durch diesen enge Lücken zum subpialen Raume senden sehen. Es sind dabei zumeist die pigmentirten Lamellen der Sclera (2—4) wohl unter sich durch Anastomosen, nicht aber mit denen der Chorioidea verbunden. Im

Ganzen ist die Polymorphie des Raumes eine so weit reichende, dass nicht nur fast jeder Schnitt, sondern auch die beiden Seiten eines und desselben Variationen aufweisen. Constant greift eine festere Verwachsung dort Platz, wo Gefässe zur Choroidea durchtreten.

Structur der angrenzenden Sclera.

Betreffs der Structur der Sclera ist gleichfalls eine Umwandlung in der Nähe des Sehnervenloches zu verzeichnen. Wenngleich sich für die Verlaufsweise der Faserbündel der Sclera emmetropischer Augen kein bestimmtes Gesetz aufstellen lässt, etwa derart, dass in den äusseren Schichten die meridionalen, in den inneren die äquatorialen Züge vorherrschen (Henle), sondern beide Arten in gleicher Menge alterniren, so glaube ich doch, dass man sich bezüglich der Umgebung — d. h. einer Zone von circa 4 mm Durchmesser — des Sehnervenloches präciser fassen kann. Lässt man nämlich zunächst die directe Uebergangsstelle der Faserhaut und der Scheiden, also eine Ausdehnung von 1 mm, um den Sehnerven herum ausser Acht und denkt man sich die Dicke der Sclera in 5 Lagen getheilt, so wird man die innerste und die Hälfte der zweiten als vorwiegend aus meridionalen, die äussere Hälfte der zweiten, die dritte und vierte als gleichmässig aus meridionalen und circulären und die äusserste als besonders aus circulären Zügen bestehend ansprechen können.*)

*) Trotzdem ich nur wenige myopische Augen bisher untersuchte, glaubte ich doch der Vermuthung Ausdruck geben zu sollen, dass es sich bei dieser Refractionsanomalie vorwiegend um ein Fehlen der äussersten circulären Schichte, sowie um eine geringere Ausbildung der schiefen und queren Elemente in den mittleren Lagen handelt, und zwar vorwiegend in den vom Sehnerveneintritte nach aussen gelegenen Theilen.

Rücksichtlich der äussersten Lage ist dies zwar nur bedingungsweise zutreffend. In einer Entfernung von 4 mm vom Eintrittsloche ist dieselbe nämlich ebenso gemischt faserig, wie die mittleren, sie nimmt aber fortan nervenwärts continuirlich circuläre Bündel auf und umfasst schliesslich mit diesen die äusseren longitudinalen Bündel der Dura optici ebenso falzähnlich, wie am vorderen Rande die Cornea. Dass hierbei die allergrössten Abweichungen vorkommen können, wird jeder bestätigen, der nur einigermaßen die vorliegenden Punkte zu erforschen sucht. Meine Angaben können und sollen auch nur die häufigste Form bei normalen Augen im Allgemeinen kennzeichnen. In einem späteren Capitel, gelegentlich der Besprechung der Refractionsanomalien vom pathologisch-anatomischen Standpunkte gedenke ich des Ausführlicheren hierauf zurückzukommen.

Den feineren Bau der Sclera anlangend, ist nur zu betonen, dass ihre Fibrillenbündel analog denen der duralen Scheide sind, d. h. dass eine verschieden grosse Anzahl von derben, festen, collagenen Fibrillen zu einem Bündel vereint werden, welchem elastische Zellplättchen mit Kernen angehören.

Michel und später Schwalbe haben nachdrücklich darauf hingewiesen, dass alle Kerne der Sclera nur in dieser Weise aufzufassen sind, und dass dieselben mit der einen Fläche stets lymphatischen Spalträumen zugekehrt sind, wie solche durch Injectionen in die Zwischenscheidenräume bei höherem Drucke auch direct anschaulich werden.

Hier und da finden sich ausser diesen Zellplättchen mit elliptischen Kernen, die bei jugendlichen Individuen in engeren Abständen einander folgen als bei Erwachsenen, noch pigmentführende, sternförmige Zellen, ganz

von der Art der Stromazellen der Choroidea, oder der perichoroidealen Lamellen.

Bekanntlich liegen diese Pigmentzellen zumeist in den oberflächlichsten Lagen der inneren Sclera und senken sich nur sporadisch in den perivascularien Räumen den Gefässen folgend in die Tiefe. Nahe dem Eintrittsloche werden sie dagegen viel häufiger und pigmentreicher. Sie finden sich dabei nicht nur reihenweise zwischen den meridionalen Lagen der innersten Sclera, sondern ich möchte sagen leistenartig an der Uebergangsstelle die Pia optici und Sclera entlang, fast bis zum Fundus der Zwischenscheidenräume. Doch wie in toto fast alle diese Sachen labil und individuellen Schwankungen unterworfen sind, so begegnet man auch hier den mannigfachsten Arten des Ueberganges bis zum entgegengesetzten Extreme, nämlich dem fast völligen Fehlen der Pigmentleiste. Die lebhaftere Pigmentirung sowohl der Faser, als der Aderhaut wurde bereits von Donders erwähnt und in Zusammenhang mit dem ophthalmoskopisch sichtbaren, sogenannten choroidealen Ringe gebracht.

Bei dem Uebergange der Scheiden in die Choroidea resp. Sclera findet ein wirkliches Uebergehen der Bündel derart statt, dass die einzelnen Bündel der Scheide auch des weiteren in der scleralen resp. choroidealen Faserung nachweisbar bleiben.

Die oben erwähnte Verschiedenheit der Färbung nach Einwirkung der Müller'schen Flüssigkeit ist kein directer Beweis hiergegen. Vielmehr scheint es mir wohl möglich, dass die bedeutend lockere oder festere Fügung allein genügen, um eine Differenz derart zu erzeugen, wenngleich ich geringe chemische Abweichungen der Gewebe nicht absolut ausschliessen möchte.

Uebergang der Scheiden in die formgebenden Häute des Bulbus.

Wir verliessen oben die Beschreibung der Scheiden, als dieselben eben in der Höhe der äusseren Oberfläche der Sclera angekommen waren. Verfolgen wir dieselben nun weiter, so sehen wir, dass sie sich nicht sogleich in toto nach aussen umschlagen, sondern, wenigstens partiell, etwa bis zur Mitte der Sclera fortsetzen.

Das Eindringen bis zur Mitte oder eventuell auch bis zum innern Drittel der Faserhaut wird dadurch nothwendig, weil die etwa 0,5 mm starke durale Scheide erst innerhalb der Sclera etwa unter einem Winkel von 100 bis 110° mit ihren äussersten Fasernlagen umzubiegen beginnt. Indem gradatim die anderen in schräger Linie folgen, werden die innersten consequenter Weise erst dem Sehnervenrande sowohl, als der Chorioidea am relativ nächsten sich umlegen können.

Entsprechend diesem Modus wird das naturgemäss vorgeschriebene Ausstrahlungsgebiet der duralen Scheide jenen Theil der Sclera umfassen müssen, den ich oben als aus circulären und meridionalen Fasern annähernd gleichmässig zusammengesetzt beschrieb. In einiger Entfernung vom Eintrittsloche kommt auch das äusserste Fünftel der Sclera hinzu. Das weitere Verhalten der Bündel nach ihrer Umbeugung ist nämlich folgendes: Die meridionalen aus der duralen Scheide stammenden Bündel nehmen nicht eine der scleralen Oberfläche parallele Direction an, sondern sie streben, besonders die äussersten, eine Strecke von 1—1½ mm weit, so nach der inneren Fläche zu, dass sie etwa in 6—7 mm dieselbe erreichen würden. Nach kurzem Verlaufe weichen sie aber leicht auseinander, zumal nach aussen, um in möglichst vollständiger Weise eine Verflechtung mit allen Faserbündeln der Sclera auch des äussersten Fünftels herzustellen.

Die Faserhaut ist, wie schon F. Arnold sagte, nicht eine blosse Fortsetzung der äusseren Scheide, vielmehr besitzt dieselbe noch eigene Fasern, welche ihre grössere Dicke bedingen. Schon während und direct nach der Umbiegung der Dura optici in die Sclera sieht man von dieser letzteren aus sich so zahlreiche schiefe und circuläre Fasernbündel zwischen die ja vorwiegend meridionalen duralen einsenken, dass beide Arten gleich mächtig erscheinen, während nach aussen der oben genannte Ring, der an der inneren Opticusseite stärker entwickelt ist, als an der gegenüberliegenden, dieselben in toto übergreift. Dieses relativ leicht auseinander zu haltende Bild wird aber dadurch complicirt, dass auch noch der Sclera eigene meridionale Fasern (die innersten $1\frac{1}{2}$ Fünftel ausgenommen), an der so beschaffenen Durchflechtung Theil nehmen, und zwar derart, dass keine bestimmte Verlaufsebene innegehalten, sondern die Lagen der Sclera unter bald grösseren, bald kleineren Winkeln durchkreuzt werden. Dass ferner die Gefässe mit ihren Umscheidungen zu weiterer Verwirrung beitragen, bedarf wohl kaum der besonderen Erwähnung.

Auch die piale Scheide hatte in einiger Distanz vom Bulbus begonnen, sich durch Anlagerung circulärer Bündel zu verdicken. Diese Verstärkung nimmt continuirlich zu und bahnt den Uebergang in die Sclera an. Denn sobald die innersten Bündel der Dura umgebogen sind, oder auch gleichzeitig, ja selbst um wenig früher, als diese, machen die Faserlagen der inneren Scheide eine analoge Schwenkung in derselben Richtung nach aussen. Es vollzieht sich dies so, dass die vorwiegend circulären äusseren Bündel der Pia optici sich zwischen die dicht gefügten meridionalen der innern $\frac{1}{5}$ bis $\frac{2}{5}$ der Sclera in nach vorn connexem, aufsteigendem Bogen hineinsenken.

Ausser den circulären und meridionalen Bündeln finden

sich noch viele feinere, von mehr weniger schiefer Richtung, die der Klarheit des Bildes in gleich hohem Grade Eintrag thun, wie jene meridionalen, welche, aus den mittleren Lagen der eigentlichen Sclera kommend, die auseinanderweichende Dura durchsetzen und schliesslich in den Grenzbezirk der Pia optici sich einsenken, ja selbst zum Aufbau der Lamina cribrosa beitragen.

Der Schnürring der äussersten Sclera, das sogleich massige Auftreten von circulären Maschen zwischen den Duralamellen, sowie die innige Verflechtung der pialen Bündel mit den innersten Fünfteln, geben dem Uebergangsbezirke ein besonders festes Gefüge und charakteristisches Aussehen. Man grenzt denselben zweckmässig durch eine Linie ab, die vom Schnürringe der Sclera zu der Elastica der Chorioidea zieht, und die auch schon makroskopisch auffällt.

Sucht man an einem recht feinen Schnitte eine Trennung der Bezirke im Uebergangsgebiete herbeizuführen, so findet man hierzu prädisponirende Punkte einmal an dem Schnürringe, welcher mit der äusseren Dura eine Strecke weit meist nur durch lockeres, aus dem supravaginalen Raume stammendes Gewebe verlöthet ist, sodann aber zwischen den Ausbreitungen der Dura und der Pia optici in der Sclera. Da diese letztere Gegend stets mit dem intrascleralen Ende oder dem Fundus der Zwischenscheideräume coincidirt, erübrigt es, dieselbe mit einigen Worten zu kennzeichnen.

Es ist natürlich, dass aus jeder selbst minimen individuellen Schwankung eine Polymorphie in der Endigungsweise der Zwischenscheidenräume resultiren muss. Das gewöhnliche, aus obiger Schilderung von selbst sich ergebende und auch thatsächlich häufigste Vorkommen wird indess ein spaltartiges Auslaufen des Fundus sein. Sahen wir doch die Dura direct bis zur ja über die Mitte der Sclera vordringen und die Pia optici in nach vorn convexem Bogen sich über und an dieselbe legen.

Die Verschmelzung beider ist gewöhnlich eine recht feste. Ich berührte bereits, dass die Einfachheit und Klarheit des Uebergangsmodus durch eine Menge schiefer und meridionaler Bündel der mittleren Fünftel gestört wurden, welche hierher sich ausbreiten. Man überzeugt sich ferner, dass meridionale Bündel von der Pia optici direct zwischen die circulären innern der Dura sich einflechten und so den Fundus durch gegenseitige Verwachsung abschliessen. In gleicher Weise geschieht dies durch schiefe von aussen nach innen strebende Fasern, die ebenfalls durch die mittlere und innere Duraausbreitung hierher gelangen und den Connex erhöhen.

Michel hat darauf hingewiesen, dass aber auch eine weit in die Sclera hin sich erstreckende Spalte zwischen beiden Ausbreitungsgebieten die Fortsetzung der Zwischenscheidenräume documentiren könne, nahezu analog dem von Jäger²⁸⁾ für die kurzsichtigen Augen gefundenen Verhalten. In einigen Fällen konnte ich ebenfalls an emmetropischen Augen die Existenz eines, wenngleich nie sehr ausgesprochenen derartigen Spaltraums constatiren. Es nimmt mich dies Vorkommen auch nicht Wunder, denn jene erwähnte Verflechtung ist ja eine durchaus individuell wechselnde, die gewöhnlich erst etwa 2 mm nach aussen von der Uebergangsstelle eine bestimmte und stetige Form zu besitzen pflegt. Weit häufiger waren knopfförmige Endigungen des Fundus.

Stets hört, mögen nun die Zwischenscheidenräume wie immer auslaufen, die arachnoideale Scheide an den innersten Bündeln der duralen vor ihrem Umbiegen auf.

Der Uebergang der pialen Scheide in die Sclera ist indess nur ein partieller. Die innersten longitudinalen und auch ein Theil der diesen anliegenden circulären oder schiefen Fasernbündel nehmen nicht hieran Theil,

sondern erstrecken sich weiter gegen die Choroidea hin, immer unmittelbar dem Nerven selbst anliegend.

Während die Autoren, unter diesen jüngst noch Schwalbe, nur mit grosser Reserve sich hinsichtlich des Zusammenhanges der Pia optici und der Choroidea aussprachen, zeichnen Axel Key und Retzius diese Fortsetzung als eine continuirliche, welche sich bis zur Elastica kaum nennenswerth verschmälert und stetig der innersten Sclera, dem suprachoroidalen Gewebe, sowie der Aderhaut Faserverbindungen zusendet.

Meine eigenen Untersuchungen haben mich gleichfalls überzeugt, dass die Pia optici an der inneren Oberfläche der Sclera nicht endet, sondern sich in allerdings veränderter Gestalt bis an die Elastica der Choroidea fortsetzt. Dieselbe sendet sogar als Begleitung der Gefässe, die aus dem Zinn-Jäger'schen Kranze entspringen einzelne Längsfibrillen zum intermediären Gewebe, welches unmittelbar um den Sehnerveneintritt gelegen ist.

Bei der nun folgenden Beschreibung habe ich vorwiegend Präparate zu Grunde gelegt, an denen die in Rede stehende piale Fortsetzung, so zu sagen, isolirt war. Es hatte sich nämlich durch einfache mechanische Zugwirkung nicht nur eine Lockerung zwischen Nervenstamm und Sclera-Choroidea, sondern auch zwischen diesen letzteren und der pialen Fortsetzung längs des Durchtrittsloches herbeiführen lassen. Hier und da war die Choroidea auch ganz von der Pia optici gewichen. Bedient man sich dieses Hilfsmittels nicht, so ist es in den meisten Fällen geradezu unmöglich, eine genauere Unterscheidung der Faserrichtungen resp. ihres Zusammenhanges zu machen, zumal ja grade hier der Connex zwischen Nerv und umgebenden Häuten ein ziemlich fester ist.

Verfährt man aber in gedachter Weise, so sieht man die innersten Längsfibrillen der Pia optici gegen den

Nerven zu scharf begrenzt bis zum Schnürringe der Glashaut ziehen. Nach aussen von dieser longitudinalen Schichte finden sich circuläre Bündel, welche sich zwischen die, in der Ebene der Choroidea ziehenden, und wie erwähnt, meist unter einander verwachsenen Lamellen des Arnold-Schwalbe'schen Raumes und der Aderhaut einschieben. Die circulären Bündel erzeugen auch hier eine relativ feste Verbindung und geben der ganzen Gegend, ein ähnlich straffes und derbes Aussehen, wie wir solches schon in den Uebergangsbezirken der Sclera hervorhoben. Analog der oben gemachten Bemerkung, dass man diese Zone zweckmässig durch eine Linie abgrenzen könne, welche von der Aussenfläche der Dura zum Schnürringe der Glashaut zu ziehen wäre, wird aber auch hier von aussen nach innen eine successive Verjüngung dieses Gebietes Platz greifen, das schliesslich an der Elastica spitz ausläuft.

Lamina cribrosa.

Wie betont, geht kurz vor dem Eintritt des Nerven in die Bulbushäute eine Umwandlung der Septen in der Weise vor sich, dass die quer verlaufenden auf Kosten der longitudinalen ganz unverhältnissmässig an Ausdehnung gewinnen. Dieser Umschwung fällt zusammen mit der Einschaltung des Zinn-Jäger'schen Gefässkranzes, andererseits mit der ausgiebigeren Betheiligung des Centralgefässsystems an der Ernährung des Sehnervenstammes im Durchtrittsloche.

Schon makroskopisch bemerkten wir, dass der Nervenstamm nach Einwirkung Müller'scher Flüssigkeit beim Eintritt in die Häute des Auges plötzlich mit scharfer Begrenzung die orange Farbe verliert und grün-grau erscheint. Es hat dieser Wechsel des Aussehens einen doppelten Grund. Einmal verlieren die Nervenfasern ihre Markmäntel und zweitens ist das bindege-

webige Element, welches vorher mit seinen olivengrünen longitudinalen Streifen eben kenntlich wurde, in besonderer Mächtigkeit vorhanden. Nach kurzem Verlaufe, bevor noch das Cavum des Auges erreicht ist, ändert sich der graugrüne Ton allmählig in einen deutlich graubraunen um, welcher sodann auch in der Nervenfasernlage der Netzhaut beibehalten bleibt. Diese zweite Nüancirung ist in dem Verschwinden des massigen Bindegewebes begründet.

Jene graugrüne Zone umfasst nun das Gebiet der sogenannten Lamina cribrosa.

Etwas oberhalb des Fundus der Zwischenscheidenräume, also ungefähr dort, wo das innere Drittheil der Sclerotica anhebt, entspringen von diesem letzteren gradatim mehrere starke Balken (am Längsschnitt durch den Eintrittscanal etwa 3—8) von eigenthümlich derbem und hyalinem Aussehen. Die vordersten von ihnen streben fast gradlinig zur Axe des Nerven, rechtwinklich seinen Faserlauf kreuzend, die hintersten aber ziehen so nach innen und cerebralwärts, dass sie den centralen Bindegewebsstrang erst in gleicher Höhe mit der äusseren Scleralfläche erreichen. Dabei beschreiben diese letzteren einen nach dem Augeninnern leicht convexen Bogen, wodurch, bei beiderseitig gleichem Verhalten, eine annähernd V-förmige Figur resultirt.

Die hintere Begrenzung ist relativ scharf, trotz der zahlreichen Anastomosen mit den schräg und schief gestellten Septen des gerade hier sein Mark verlierenden Nervenstammes. Nach vorn tritt durch die vielfachen Theilungen der scleralen Balken, denen eine annähernd gleiche Menge sich ebenso verhaltender vom centralen Bindegewebsstrange zugesellt, ein ausserordentlich enges Netz auf. Die Maschen derselben stellen sich zum Verlaufe des Nerven ausschliesslich quer oval, manchmal in so hohem Grade, dass sie nur eine schmale quere Spalte umschliessen.

Die constituirenden Balken, die am Querschnitt der scleralen Lamina beträchtlich über das nervöse Element dominiren, werden aber schnell dünner, sobald die Choroidea beginnt. Man kann zwar innerhalb der choroidealen Umgrenzung noch von einer Lamina sprechen, muss sich aber dabei bewusst sein, dass dieselbe sowohl hinsichtlich des Aussehens als der Beschaffenheit ihrer Septen durchaus verschiedenartig ist.

Die Structur der Lamina - Balken selbst ist zu-
meist denen des eigentlichen Nervenstammes analog,
d. h. im Innern jedes derselben findet sich ein seinem
Caliber proportional grosses Gefässlumen, an welchem
gleichfalls die starke structurlose Elastica, sowie die
mächtige Muscularis auffallen. Hierauf folgt nun an
stärkeren Aesten eine manchmal doppelte adventitielle
Umscheidung mit ovalen Kernen und schliesslich nach
aussern die Fibrillenauflagerung, welche letztere aber
besonders stark ist und wiederum durch die resistente
Kittsubstanz verbunden wird. Die schon oben gekenn-
zeichneten ovalen Kerne finden sich an der Oberfläche
der Balken gewöhnlich in noch kürzeren Abständen als
dies früher bemerkt wurde.

Häufig zieht sich an der hinteren Begrenzung der
Siebplatte, ich möchte sagen, dieselbe bildend, ein be-
sonders starker Balken mit entsprechendem Gefässe,
welches sowohl centralwärts der inneren Scheide, als
auch ocularwärts behufs vielfacher Theilung, einen oder
mehrere kräftige Aeste abgiebt. Die von dem centralen
Bindegewebsstrange anfangs spitz-, dann rechtwinklig
abtretenden Septen wachsen den von der Sclera kommen-
den Balken förmlich entgegen, gleichsam mit und zwi-
schen denselben sich auflösend. Selbige sind ebenfalls
stets gefässführend und zwar entspringen ihre Gefässe
vorwiegend aus der centralen Vene und nur in unter-
geordnetem Verhältnisse aus der gleichnamigen Arterie.

Nach vorn ist die Lamina nicht scharf abgegrenzt, sondern sie verliert sich hier ganz allmählig, indem einerseits ungefähr in der Höhe der Innenfläche der Faserhaut die Balken bedeutend dünner und andererseits auch ihre Maschen wieder weiter werden.

Dabei ist von dem ganzen Rande der Chorioidea ein häufiges Abtreten von Balken in bald grader, bald nach vorn neigender Richtung zu constatiren. Ja es pflegen sogar stets in der Nähe des Schnürringes der *Elastica* einzelne, ziemlich starke Balken sich zwischen die Nervenbündel zu senken und um jenen herum sich schlagend in dem intermediären Gewebe auszubreiten. Der Grund, warum sie aber weniger in die Augen springen ist der, dass ihre Bindegewebsumhüllung viel spärlicher und schwächer ist als ehemals, und dass die Fibrillen selbst weniger derb und hyalin erscheinen. Stets sind auch die Balken der *Portio choroidalis* gefässhaltig. Es tritt indess hier das Gefäss seiner Umscheidung gegenüber so in den Vordergrund, dass man eigentlich nicht mehr berechtigt ist, von Septen zu sprechen, sondern nur von starker adventitieller Umhüllung der Gefässe.

Eine eigentliche Fortsetzung der Aderhautcapillaren in den Stamm des Nerven vermochte ich trotz der Angabe Leber's nicht zu sehen*). Dahingegen treten aus der Schichte der kleinen Arterien und Venen häufig Zweige, der *Elastica* unmittelbar anliegend und annähernd als *Capillaris* imponirend, in den Nerven ein.

Durch die Betheiligung des centralen Bindegewebsstranges am Aufbau der scleralen *Lamina cribrosa* ist seine Mächtigkeit einigermaßen reducirt worden und

*) Inzwischen hatte ich Gelegenheit, mich an einem Präparate des Herrn Professor Leber deutlich von einer Art directen, wenn auch nur partiellen, Ueberganges der *Choriocapillaris* zu überzeugen.

zwar vorwiegend auf Kosten der derben festen längsfibrillären Fasern. Nichtsdestoweniger zweigen sich auch im choroidealen Bezirke des Durchtrittsloches weitere Aeste ab, welche aber analog den eben beschriebenen der Aderhaut weniger starke bindegewebige Hüllen aufweisen.

Der Querschnitt eines solchen Balkens zeigt meistens dem Lumen zunächst eine adventitielle Umscheidung, weiterhin finden sich nur wenige Fibrillen mit Kernen aufgelagert.

Eine Communication beider, d. h. der von der Aderhaut sowie der vom centralen Bindegewebsstrange stammenden Bälkchen findet innerhalb des Eintrittsloches etwa mitten zwischen beiden statt, sobald aber das Innere des Auges erreicht ist, dehnt sich der Vascularisationsbezirk der centralen Gefässe stetig, gleichsam trichterförmig, aus, und erreicht in nach vorn convexen Bogen den Beginn der Retina. Hierselbst hört die Betheiligung des scleralen Gefässkranzes auf, unter Austausch eines stärkeren anastomotischen Astes.

Wie aus einem späteren Capitel hervorgehen wird, entstehen entwicklungsgeschichtlich die Balkennetze sowohl im Nervenstamme, als in der Lamina cribrosa dadurch, dass die Gefässe von aussen, also von der pialen Scheide resp. aus dem scleralen Gefässkranze zwischen die Nervenbündel sich hineinstülpen, um die Ernährung derselben zu übernehmen.

Werfen wir nunmehr gleichsam einen Gesamtüberblick auf die Configuration der Septen, oder besser gesagt der Maschen der Blutgefässe, welche ja allein die Anlage jener veranlassen, so finden wir, dass dieselbe in den verschiedenen Theilen recht variirt.

Innerhalb des ganzen Sehnervenstammes, vom Foramen opticum herab bis zum Bulbus sind die Maschen

längsoval und relativ weit, sie werden dagegen eng und dicht gedrängt in jenem Bezirke, welchen wir Lamina cribrosa zu nennen pflegen, um nun im intraocularen Sehnerventheile wiederum etwas sich zu vergrössern.

Dass die Einschaltung eines engmaschigen Gefässnetzes, wie solches in der Region der Siebplatte statt hat, seinen Grund und functionelle Bedeutung haben muss, liegt wohl auf der Hand. Bei meinem Bemühen, mir dieselben klar und anschaulich zu machen, bin ich aber leider über Reflexionen nicht sonderlich hinausgekommen.

Thatsächlich ist zunächst, dass gerade dort, wo das Gefässnetz die engmaschige Beschaffenheit annimmt, die Opticusfasern ihre Markscheiden verlieren und die Axencylinder nur von der Axencylinderscheide bekleidet sind.

Es dürfte nicht paradox sein, wenn ich zu bedenken gebe, ob nicht vielleicht dieser Markverlust mit einem erhöhten Stoffwechsel*) in Verbindung zu bringen wäre, den die Nervenfasern hier eingehen.

Doch noch in anderer Beziehung möchte ich eine physiologische Deutung des engen Maschennetzes versuchen.

Die übereinstimmenden Resultate aller Untersucher von His an haben festgestellt, dass die hinteren Lymphbahnen der Retina mit denen des Sehnerven in oder nahe der Lamina cribrosa zusammenhängen und wahrscheinlich hierselbst auch in normalem Zustande ihren Abfluss finden. Es wird also ausser der durch erhöhten localen

*) Obgleich ich mich hierbei nicht gerade auf positive Berichte anderer Autoren stützen kann, glaube ich doch die Angaben von Gerlach und Julius Arnold in meinem Sinne deuten zu sollen.

Diese Forscher fanden bekanntlich, dass die Nerven dort, wo sie ihr Mark verlieren, eine derartige Ausscheidung des infundirten indigschwefelsauren Natrons produciren, dass sie förmlich mit einer blauen Schaale umgeben erscheinen, während an den markhaltigen Stellen nichts Aehnliches hervortritt.

Stoffumsatz bedingten grösseren Ansammlung von Lymphe, noch ein weiteres Moment etwaiger Stase durch obigen Zufluss gegeben.

Erwägen wir nun, dass die lymphatischen Verbindungen mit den intervaginalen Räumen keine übermässig weiten und offenen sind, da immer nur unter höherem Drucke erst eine Füllung derselben durch Einstichinjectionen unter die Pialscheide möglich wurde, so werden wir bei dem engen Connex der Blutgefässe mit den Lymph- resp. Saftbahnen vermittelt der adventitiellen und perivascularären Scheiden vielleicht eine regulatorische Wirkung jenes Gefässkranzes ungezwungen in Anspruch nehmen dürfen.

Plexus ciliaris arteriae centralis.

Eine weitere Frage, welche im Laufe der Zeit vielfache Discussionen*) erlebte, ist die, ob ausser den centralen Gefässen und Umscheidungen noch Nervenfasern mit in die Axe des Sehnerven eindringen.

Meine eigenen Untersuchungen haben mich auf das Bestimmteste überzeugt, dass mit den centralen Gefässen ein, manchmal auch zwei, selbst drei gesonderte Nervenstämmchen eintreten. Dieselben sind ausserordentlich stark umscheidet, ganz wie Henle dies bereits für die

*) Bekanntlich ging die erste hierauf bezügliche Angabe von Chaussier und Ribes²⁾ aus, welche einen Zweig vom Ganglion ciliare zur Arteria centr. retinae ziehen sahen. Auch Kusel verfolgte nach Hirzel³⁾ einen derartigen Ast bis an den Sehnerven und Tiedemann⁴⁾, sowie Langenbeck⁵⁾ beschrieben seine Ausbreitung auf der äusseren Fläche der Netzhaut. C. Krause¹⁰⁾ fügte noch hinzu, dass die zarten, aus dem Gangliensysteme stammenden Nerven auch „Knötchenfibrillen“ zeigen. Von den weiteren Beobachtern erwähnt Longet¹¹⁾ feine Fäden, die aus dem Gangl. ciliare entspringen und sich mit der Arter. centr. ret. zum Opt. erstrecken, während Hyrtl⁷⁾ und B. Beck¹²⁾ zwar ein Herantreten von solchen Bündeln an den Opticus zugeben, die Natur derselben

zur duralen Scheide ziehenden Bündelchen dargethan hat. Gewöhnlich finden sich in einem solchen 0,015—0,035 mm starken Bündelchen zwei oder drei sehr starke Fasern, 3—4 feine markhaltige und zwischen und um dieselben gelagert eine Anzahl markloser. Längere Zeit machte ich mir allerhand Einwürfe von etwaigen Irrthümern, allein jede Möglichkeit einer Täuschung musste von der Hand gewiesen werden, nachdem es gelungen war, an den markhaltigen Fasern nicht nur die Ranvier'schen Einschnürungen, sondern auch die Markbecher deutlich zu erkennen. Auch Theilungen der starken Fasern konnten beobachtet werden.

Mit Recht giebt W. Krause an, dass vorwiegend die Arterie von diesem Nervenbündelchen begleitet wird.

aber als bindegewebig ansprechen. Eine vermittelnde Anschauung wurde sodann von Sappey³²⁾ angebahnt, welcher zwar Nervenfaserbündelchen von den Ciliarnerven ab- und zum Opticus ziehen — dieselben aber bereits auf der Aussenfläche der duralen Scheide plexusartig endigen lässt. In demselben Sinne äussert sich Henle³⁸⁾. Dieser Forscher hob gleichzeitig hervor, dass solche Fäden von einer unverhältnissmässig mächtigen Scheide eingeschlossen würden. „So enthielt z. B. ein Fädchen von 0,21 mm Durchmesser in seiner Axe ein 0,06 mm starkes Nervenfaserbündel.“

Auch Merkel⁴³⁾ sagt: „Feine Nervenfasern, welche vom Ganglion ciliare zur Scheide des Opticus gehen, mögen wohl stets vorhanden sein, sind aber gewiss wegen ihrer Feinheit oft schwer nachzuweisen. Ich selbst habe sie mehrfach gefunden“.

Von den letztgenannten Autoren waren die Nervenbündelchen, welche zur centralen Arterie ziehen, unberücksichtigt geblieben. Auch Schwalbe⁴⁵⁾ erwähnt nur dieselben, um sie bestimmt in Abrede zu stellen. „Auf Querschnitten des Opticus konnte ich nie etwas entsprechendes finden.“

Demgegenüber ist nun W. Krause von Neuem für die Existenz eines die centrale Arterie und theilweise deren Aeste umspinnenden ganglienlosen Plexus eingetreten. „Die Nervenstämmchen messen einige mm hinter der Sclera nur 0,02 mm und verfeinern sich in der Richtung nach vorn. Solche bestehen aus 1—2 doppeltconturirten und 10—12 blassen Nervenfasern, die kernhaltiges Neurilem besitzen. Sie lassen sich bis zur Papilla optica verfolgen.“

Wo nur ein Stämmchen sich findet, ist dies immer nur der Fall, wo indess zwei solcher anzutreffen sind, da pflegt auch die Vene eine derartige Begleitung zu haben.

Durch zahlreiche Verästelungen, welche die centralen Gefässe ähnlich einer rankenden Rebe umspinnen, werden die Hauptstämmchen dünner und ihre Unterscheidung schwieriger. Immerhin gelingt es aber noch, in der Papilla nervi optici wenigstens hier und da Bündelchen festzustellen. Jenseits derselben erhöht sich die Unsicherheit des Nachweises noch dadurch bedeutend, dass in Folge der vielfachen Gefässtheilungen die Zone des die Gefässe umgebenden lockeren Bindegewebes sehr abnimmt.

Nie sah ich, dass kleine Aestchen dieses Nervenbündels sich in die Masse des Nervus opticus senkten, nie ferner, dass der Querschnitt des Nerven vor dem Eintritte der centralen Gefässe ein derartiges Nervenbündelchen erkennen lässt, weder nach Behandlung mit 3 pCt. Essigsäure (W. Krause), noch nach solcher mit dünnen Chrom-, Osmiumsäure- oder Goldchloridlösungen.

Durch jene oben erwähnte continuirliche Vergrößerung des Ernährungsbezirks der centralen Gefässe und die hierdurch bedingte immer häufigere Abgabe von Zweigen wird der centrale Bindegewebsstrang natürlich erheblich verschmächtigt. Besonders sind es die derben, festen Längsfibrillen, deren Lage sehr zusammengesmolzen erscheint, wenn die Gefässe in der Excavatio papillae ihre Haupttheilungen vollziehen.

Schon Donders giebt an, dass dieselben nie an den Glaskörper selbst grenzen, sondern immer noch durch eine sehr dünne Schicht Bindegewebe davon getrennt werden. Eine genaue, hierauf gerichtete Untersuchung

lehrte nun, dass normaliter die Verhältnisse etwa folgendermassen angelegt sind.

Centraler Bindegewebs-Meniscus.

Die centralen Gefässe resp. ihre Hauptäste werden in der Tiefe der Excavation, auf deren Gestalt-Veränderungen ich unter Hinweis auf H. Müller, Klebs, Schwalbe nicht weiter eingehe, ausser von ihren adventitiellen resp. perivascularären Hüllen, von dem Reste des Bindegewebsstranges umgeben. An letzteren schliesst sich nun nicht sogleich der Glaskörper an, sondern es ist zwischen beiden ein bisher übersehenes fibrilläres, manchmal recht verfilztes, mit Kernen versehenes Gewebe eingeschoben, welches (vergl. Fig. III.), im Querschnitt einer Sichel, von der Fläche betrachtet, einer Scheibe ähnlich erscheint und den Boden der Papillenvertiefung auskleidet. Dasselbe, welches nach Lage und Form nicht unpassend mit dem Namen eines „centralen bindegewebigen Meniscus“ belegt werden dürfte, ist aber nicht in seiner ganzen convexen Ausdehnung mit dem schon so oft genannten centr. Bindegewebsstrange verwachsen, sondern abgesehen von einer derberen Verbindung gerade in der Mitte der Excavation, nur durch einzelne Züge, welche communicirende Hohlräume zwischen sich lassen. Zuweilen bilden diese verbindenden Brücken auch noch zarte Anastomosen unter einander, so dass dann ein dünnes grossmaschiges Netz zwischen Meniscus und Sehnervengewebe besteht.

Manchmal fehlen, besonders in der Mitte, die immer nur aus wenigen Fibrillen bestehenden Verbindungsbrücken. Es findet dann erst seitlich, ungefähr dort, wo schon die Verschmälerung beginnt, eine festere Vereinigung statt. Natürlich resultirt alsdann hieraus ein spaltförmiger Hohlraum.

Der bindegewebige Meniscus verschmälert sich schnell und läuft in eine dünne Membran aus, in welcher

jede Faserung verschwindet und welche sich weiterhin als Limitans interna darstellt. Häufig ist dieselbe von Kernen besetzt und an ihrer der Papille resp. Netzhaut zugewandten Seite uneben und leicht höckerig.

Die durchschnittlichen Maasse des centralen Meniscus schwanken rücksichtlich der Dicke zwischen 0,06 und 0,03 mm, rücksichtlich der flächenhaften Ausdehnung zwischen 0,4 und 0,8 mm. Noch grösseren Schwankungen unterliegen die cavernösen Hohlräume. — Nach dem Glaskörper zu ist die Oberfläche des Meniscus stets eine scharfe und deutliche, desgleichen gegen die communicirenden Hohlräume. Eine endotheliale Bekleidung vermochte ich indessen an den Wänden dieser letzteren bisher nicht zu constatiren.

In manchen Augen findet sich von diesem Bindegewebsmeniscus nur eine minimale Andeutung und die Hohlgänge sind alsdann nicht als solche erkennbar, sondern gleichen vielmehr grösseren Gewebsbrücken.*)

Hierbei muss ich der Beschreibung eines anscheinend ähnlichen Punktes gedenken, die bereits (vor fast 20 Jahren) Klebs lieferte. Dieser Forscher sagt: Die Längsfasern des centralen Bindegewebsstranges divergiren gegen die Oberfläche und lösen sich in ein ziemlich weitmaschiges Netzwerk auf. „Erst in der Nähe der Fovea centralis liegt eine grössere Masse eigenthümlicher Zellen, welche den centralen Theil des Bindegewebsstranges einnehmen und in geringerer Anzahl längs der ganzen Oberfläche der Grube anzutreffen sind. In der centralen Anhäufung erscheinen alle als rundliche Zellen mit deutlicher Membran, klarem Inhalt und grossem dunklen Kern“. Nach den Seiten hin, wo sie mehr vereinzelt liegen, erkennt man mehrere Aus-

*) Der eben beschriebene Meniscus repräsentirt das anatomische Substrat jenes lebhaften, aber individuell verschiedenen Reflexes, welchen die Excavation der Papille bei der Spiegeluntersuchung zeigt.

läufer an ihnen, welche ein Netzwerk formiren. Aus diesem Netze nun setzt sich der Anfangstheil der Limitans zusammen in derselben Weise, wie sie sich im unteren Verlaufe aus den Müller'schen Fasern bildet. Jene centralen Zellen dagegen bilden die Wurzeln der Hyaloidea."

Klebs fand diese Verhältnisse an einem Auge, welches wegen Hornhautstaphyloms enucleirt worden war, und eine Glaskörperverflüssigung im hintersten Theile darbot. Trotzdem glaubte er dieselben wegen der Transparenz der Retina etc. für normale ansprechen zu müssen.

Diese Beobachtungen blieben lange unbeachtet. Erst Schwalbe commentirt die Angaben von Klebs: „Offenbar sind letztere (Zellen, Netzwerke etc.) die Analoga der Masse, welche im Auge des Ochsen einen weisslichen, von der Mitte des Papillengrundes in den Glaskörper hineinragenden Zapfen darstellt".

Ich legte mir zunächst die Frage vor, ob jene Veränderungen, wie Klebs sie beschrieb, doch nicht vielleicht Zeichen eines, wenngleich geringen, pathologischen Processes gewesen seien. Und es gelang in der That der Nachweis, dass bei jedem Auge, welches an Hornhautstaphylom mit consecutiver Cyclitis leidet, eine secundäre Neuritis zu den constanten Begleiterscheinungen gehört. Dabei stellte sich ferner der interessante Befund heraus, dass diese Neuritis ausser durch ihre Papillenschwellung, sowie intraoculären Wülste rings um das Eintrittsloch stets durch eine Anhäufung jener rundlichen Zellen im Grunde der Papille charakterisirt ist. Das von Klebs untersuchte Auge bot, nach der ganzen Beschreibung zu urtheilen, nur die Anfangsstadien einer solchen secundären Netzhaut-Sehnervenentzündung dar. Schreitet dieselbe weiter vor, so finden sich ausser den rundlichen Zellen mit klarem Inhalte und grossem dunklen Kerne auch solche, die theilweise, oder ganz pigmen-

tirt sind, so dass an ihnen nach Färbung mit Haematoxylin der, resp. die Kerne nur matt hervortreten. Auch die bindegewebigen Elemente des Meniscus sind nunmehr stark hypertrophisch und von zahlreichen Rundzellen durchsetzt. An der Retina findet man aber die eclatanten Veränderungen des von Iwanoff beschriebenen Oedems.

Hiernach bedarf es wohl kaum einer weiteren Erwähnung, dass der eben beschriebene centrale Bindegewebsmeniscus, sowie die cavernösen Hohlräume durchaus nicht mit dem zusammenfallen, was Klebs seiner Zeit beschrieben hat, noch viel weniger aber mit dem hinteren Glaskörperspalte, auf den jüngst Löwe so nachdrücklich hinwies.

Nervenfaserbündel.

Wir beschäftigten uns oben ziemlich ausführlich mit jenen gefässhaltigen Bindegewebssepten, welche sich sowohl von der Pia optici, als auch von den Wänden des Durchtrittsloches in den Nerven hineinsenken. In die solchergestalt begrenzten, communicirenden Hohlgänge sind nun die Sehnervenfaserbündel hineingelagert. Natürlich werden dieselben hinsichtlich ihrer Breite, wie ihrer Anordnung mannichfache Verschiedenheiten darbieten, bedingt durch die so überaus wechselnden, uns bereits bekannten Verhältnisse der stützenden Elemente.

Am Längsschnitte zählt man im Stamme des Nerven centralwärts von der Lamina cribrosa gewöhnlich 20 bis 25, durch Zwischenlagerung der Balken von einander getrennte Bündel von annähernd parallelem Verlaufe. Der Durchmesser des einzelnen Bündels schwankt zwischen 0,02 und 0,1 mm und es verhält sich überhaupt die Summe der Nervensubstanz zu den dazwischen liegenden bindegewebigen Bestandtheilen etwa wie 3 : 2.

Durchaus anders wird dies Verhältniss, sobald wir uns der Siebplatte nähern. Hier hört, wie wir schon oben sahen, das gelborange Aussehen des Sehnerven auf, die Bündel werden beträchtlich dünner, auch zahlreicher und zeigen eine besondere Neigung, sich zu theilen und sich in einander zu verflechten. Anstatt der 20—25 Bündel des extrabulbären Stammes zähle ich nunmehr 26—31, dabei überwiegt zugleich das bindegewebige Element mindestens in derselben Weise, wie in jenem das nervöse, ja in noch höherer Proportion. Ueberall sind die Nervenfaserbündel durch eine, wenn auch nur minimale Spalte scharf von der Balkensubstanz getrennt.

Isolirt man, nach vorausgeschickter Erhärtung in Müller'scher Flüssigkeit, ein mit Haematoxylin oder saurer Carminlösung tingirtes Bündel des markhaltigen Stammes behufs genauerer Erforschung, so fallen zunächst die in wechselnder Zahl vorhandenen Nervenfasern auf, welche durch eine eigenthümliche Kittsubstanz, die Neuroglia der Autoren, zusammengehalten werden. In ihr tritt ein zum Verlauf der Fasern vorwiegend senkrecht gestelltes Netzwerk hervor. Dasselbe steht in bestimmter Beziehung zu dem dritten Elemente des Bündels, nämlich zu den zahlreichen, theils an den Rändern, theils in längsverlaufenden Spalträumen, theils anscheinend im Innern gelagerten Kernen, den sogenannten Neurogliakernen.

Ausser diesen Details erkennt man des Weiteren, dass jedes primäre*) Nervenbündel durch eine ganz beträchtliche Zahl von Spalträumen, resp. Gängen in Unterabtheilungen, in sogenannte secundäre Bündel,

*) Primäres Nervenbündel nenne ich jedes Bündel, das einerseits im Längsschnitte von zwei stärkeren Balken, andererseits im Querschnitt in seinem ganzen Umfange von Septen begrenzt erscheint.

zerfällt. Eine wirkliche Theilung findet dabei nur in seltenen Fällen statt. Meistens handelt es sich um einfache Einstülpungen der Oberfläche, ein Verhalten, welches an feinen Längs- und Querschnitten, die der Verdauung mittelst Trypsin- oder Pepsinlösung unterworfen waren, noch deutlicher kenntlich wird.

Meiner Ansicht nach kann es keinem Zweifel unterliegen, dass diese Polymorphie lediglich im Interesse der Ernährung besteht, um möglichst ausgedehnte und nur dünne Flächen der Nervensubstanz mit den Gewebs-säften in Berührung zu bringen. Selbstredend wird hierdurch aber ein ausserordentlich häufiges Auseinander-treten und ein nicht selteneres Wiedervereinigen der Bündelchen vorgetäuscht.

Wenn sonach auch im markhaltigen Theile die benachbarten primären Bündel nicht durch Austausch von Fasern Anastomosen eingehen, so hängen sie doch in kurzen Zwischenräumen vermöge der neurogliösen Substanz zusammen. Denn überall da, wo sich zwischen den Septen Lücken finden, durchsetzen bogenförmige Verbindungsstücke dieselben. Diese Zwischenstücke haben ihrerseits gleichfalls eine homogene Grundsubstanz mit eingelagerten Querfasern und oberflächlichen Kernen. Dabei entspringen resp. endigen sie mit breiter Basis an den Seitenflächen der Bündel (vergl. Fig. 9 c, c, c), während sie nach dem Durchtrittsloche zu sich verjüngen und in diesem selbst ihre grösste Dünne besitzen.

Untersuchen wir nach Feststellung der beschriebenen Anordnung der Bündel deren einzelne elementare Theile etwas genauer, so sehen wir, dass die Nervenfasern, um mit diesen zu beginnen, bis zur Lamina cribrosa markhaltig sind und in ihrer Stärke ganz ungemein differiren. Während die meisten einen Durchmesser von 0,0015 mm bis hinab zu unmessbarer Feinheit besitzen, finden sich dazwischen solche von 0,005—0,008 mm Dicke ein-

gestreut, meist zu zweien oder dreien vereint, in regelloser Anordnung*).

Nimmt man die zuletzt erwähnten aus, so bildet den verhältnissmässig grössten Antheil der Faser der Axencylinder, welcher, wenn man den Sehnerven mit 1 pCt. Osmiumsäure, 36 pCt. Salpetersäure oder 10 pCt. Kochsalzlösung (Schwalbe) behandelte, unschwer auf grössere Strecken zu isoliren ist. Alle diese Methoden überzeugten mich, dass derselbe von einer zarten, äusserst dünnen Scheide umgeben ist, welche ganz dieselbe Beschaffenheit hat, wie ich solche seinerzeit an den markhaltigen peripheren Fasern zuerst methodisch nachgewiesen habe.

Diese Axencylinderscheide umgiebt die Faser selbst dann noch, wenn an der Lamina cribrosa die Myelinhüllen plötzlich aufhören. Besonders sprechende Präparate erhielt ich nach Einwirkung der 36 pCt. Salpetersäure, dann und wann auch nach der von 1 pCt. Osmiumsäure. Ich mache hierauf deshalb besonders aufmerksam, weil in einem späteren Capitel versucht werden wird, an der Hand dieser Beobachtung einige zur Zeit noch unklare pathologische Veränderungen zu erörtern.

Dieser Befund widerspricht zwar direct den neuesten Mittheilungen aus Bizzozzero's Institut, denen zufolge Tizzoni an periph. Nerven fand, dass zwischen Mark und Axencylinder keine periaxiale Scheide bestehe.

Im vorliegenden Falle habe ich aber so wiederholt die Marklage verschwinden und die Axencylinderscheide fortbestehen sehen, dass ich glaube, jeden Irrthum ausschliessen zu können. Zudem neigt auch Kühne,

*) Diese letzteren Fasern sind keineswegs mit den von Axel Key und Retzius erwähnten Varicositäten identisch, sondern, wie zahlreiche Isolationen erwiesen, in jeder Beziehung wohl erhaltene markhaltige Fasern.

gemäss seinen Untersuchungen über die motorischen Nervenendigungen zu einer ähnlichen Annahme hin, indem er vermuthet, dass die Axencylinder innerhalb ihrer Hornscheiden noch ein sehr dehnbares glattes Häutchen besitzen, das auf die Nervenendplatte übergehe.

Auffallend ist an solchen isolirten Axencylindern ferner die wechselnde Breite und Configuration, welche bald durch spindel- oder ampullenförmige, bald durch mehr kuglige Verdickungen bedingt wird. Häufig hatte ich hierbei die Bildungen vor mir, welche Schwalbe nach Behandlung mit 10 pCt. Kochsalzlösung beim Schaaf und Menschen, sowie Axel Key und Retzius beschrieben und die ersterer in die Kategorie der varicösen Hypertrophie der Nervenfasern einzureihen geneigt ist, während die beiden letztgenannten Forscher sich einer Deutung enthalten. Ueberall konnte ich mit Bestimmtheit die Anwesenheit einer zelligen Bildung (Kerne, Kernkörperchen) ausschliessen. Ich erwähne dies letztere, weil bekanntlich im Acusticus bipolare Ganglienzellen vorkommen und ja auch in der Literatur Analoges für den Opticus irrthümlich behauptet wurde.

Eine Erklärung für das so überaus häufige Vorkommen dieser reinen Axencylinder-Varicositäten ist ausserordentlich schwer. Vielleicht wäre es aber am einfachsten und auch ausreichend, wenn die feste Fügung des Sehnerven und die hierdurch bedingte langsame und unregelmässigere Einwirkung der Reagentien behufs einer solchen herbeigezogen würde. Ferner dürfte der Umstand beachtenswerth sein, dass die bindegewebigen Elemente vermöge ihrer oben geschilderten Anordnung bei jeder stärkeren oder nicht synchronen Quellung schon rein mechanisch zu derartigen Insulten Veranlassung geben können.

Bekanntlich ist in letzterer Zeit von Kühne ein grosses Gewicht auf die Quellbarkeit des Axencylinders der markhaltigen Nervenfasern in Folge Osmiumsäureeinwirkung gelegt und gleichzeitig bemerkt worden, dass die Opticusfasern dieses Phänomen nicht darbieten. Für die überwiegende Anzahl der Fasern fand ich diese Angaben bestätigt; nichts desto weniger glaube ich aber besagte Quellung an einzelnen Fasern, wiederum gruppenweise in den Bündeln zerstreut, deutlich wahrgenommen zu haben. Dieser Umstand legt mir die Vermuthung nahe, dass jene schon oben als besonders dick hervorgehobenen, vereinzelter Fasern, deren Markscheide zudem nicht nur absolut, sondern auch relativ, d. h. im Verhältniss zum Querschnitt des Axencylinders dicker ist, als bei den übrigen Fasern, nicht dem Sehacte, sondern einer anderen Function, vielleicht der Innervation der Pigmentepithelien vorstehen.*) Ich darf aber nicht verhehlen, dass in mir gegen diese Hypothese auch wieder gewisse Bedenken aufgestiegen sind, so z. B., warum man denn nun solche markhaltigen dicken Fasern nie die Netzhaut durchsetzen sieht?

Schliesslich füge ich noch betreffs der feineren Structur des Axencylinders hinzu, dass an isolirten Stellen die sogenannte fibrilläre Streifung zwar ziemlich prägnant hervortritt, dass ich mich aber keineswegs von dem Vorhandensein wirklicher Primitivfibrillen im Sinne Max Schultze's überzeugen konnte.

Wie schon angedeutet, ist die Markscheide an den eigentlichen Opticusfasern nicht nur absolut, sondern auch relativ äusserst dünn. Selbstredend entzieht sie sich an den Fasern, deren Durchschnitt weniger als 0,002 mm beträgt, jeder genaueren Charakteristik. An solchen jedoch von dieser, oder einer noch grösseren

*) Vergleiche: Kühne, Photochemie der Netzhaut und meine Arbeit: Ueber Regeneration in der Netzhaut.

Dicke fand ich die Myelinscheide stets aus den in den letzten Jahren so vielfach beschriebenen Hohlcyclindern oder Bechern zusammengesetzt. Wie an den peripheren Nerven umfassen letztere auch hier die Faser in ihrem ganzen Umfange, und zeigen in bestimmten Abständen jene schon früher hervorgehobenen Schaltstücke, deren Existenz ich, trotzdem einzelne Nachuntersucher meinen Angaben widersprochen haben, in aller Form aufrecht erhalten muss.

Werden die markhaltigen Fasern nach Alkohol- und Aether-Behandlung der Trypsin- resp. Pepsinverdauung unterworfen, so bleiben die von Ewald und Kühne beschriebenen hornführenden Scheiden zurück, an denen ich jedoch der Feinheit der Elemente wegen keine weiteren Details zu erkennen vermochte.

Interesse bot endlich die Frage, ob an den Opticusfasern eine Schwann'sche Scheide, sowie die von Ranvier entdeckten Einschnürungen derselben nachweisbar seien. Ich habe mich mit Zuhülfenahme aller nur möglichen Methoden längere Zeit hieraufhin abgemüht, aber immer nur negative Resultate erhalten, so dass ich einstweilen die Existenz beider in Abrede stellen möchte.

Um die Nervenfasern herum ist nun, gleichsam als verbindender Kitt, die sogenannte Neuroglia gelagert. Sie überzieht auch die Oberfläche der Bündel in sehr wechselnder Mächtigkeit und schlägt, wie erwähnt, zahlreiche Verbindungsbrücken zu den benachbarten primären Bündeln (vergl. Fig. 9 c, c, c). Im frischen Zustande erscheint sie homogen, structurlos; nach Einwirkung aller erhärtenden Reagentien aber tritt in ihr ein scharf begrenztes, auf die Richtung der Nervenfasern vorwiegend senkrecht gestelltes Netzwerk hervor. (Leber).

Bereits im literarischen Theile wurde ziemlich ausführlich darauf hingewiesen, wie verschiedenartig die Meinungen der Autoren darüber sind, in welchem Verhältnisse diese faserigen Netze zu den an der Oberfläche und vielleicht

auch im Innern vorkommenden Zellkernen stehen. Auch ich muss offen gestehen, dass es recht schwer wurde, die nöthige Klarheit über die Verhältnisse zu erhalten und dass ich mit immer neuen Zweifeln weitere Untersuchungen anstellte.

Thatsächlich ist zunächst, dass die in Rede stehenden Kerne (Donders und Klebs freie Kerne, die Neurogliakerne der Autoren) vorwiegend der Oberfläche der Nervenbündel, [welche stets noch von der Kittsubstanz überzogen ist], reihenweise anliegen. Je nach der Stärke der Bündel finden sich 5—9 Kernreihen und zwar herrscht dabei das Gesetz vor, dass annähernd gleiche Abstände zwischen je zweien inne gehalten werden, ohne dass indess hierdurch bald quere, bald bogenförmige Verbindungen der einzelnen Reihen ausgeschlossen wären.

Die Kerne selbst sind von vorwiegend ovaler Form etwa 0,007—0,009 mm lang und 0,005—0,007 mm breit und gehören plättchenartigen, isolirbaren Gebilden an. Ihre Lage sowohl, wie auch ihre Form in den Plättchen ist keine constante. Bald sieht man sie central, bald nach der einen oder anderen Seite, manchmal an den Rand der gleichfalls äusserst variabel gestalteten Plättchen gelagert. Die Configuration der letzteren ist, wofern die Härtung mittelst Müller'scher Lösung oder Chromsäure durchgeführt wird, zumeist eine längliche, nahezu rechteckige. Dabei haften ihnen nach geeigneter Isolirung eine ganze Anzahl von Fortsätzen an, die scharf contourirt und nur mässig verästelt sind. Nächst den Zellplättchen sind dieselben relativ stark, allmählich aber verdünnen sie sich proportional ihrer Entfernung von dem Plättchen, homogen und glasig erscheinend.

Bekanntlich war es Leber, der die Entdeckung machte, dass diese Fortsätze in einem wirklichen Zusammengehörigkeitsverhältnisse zu den um den Kern herum gelagerten protoplasmatisch gekörnten Zellplatten

stehen. Ich kann mich dieser Anschauung, zumal wenn ich die Isolirungen nach Osmiumsäure-Behandlung berücksichtige (Fig. 6 a.), nur unbedingt anschliessen. Derartige, continuirliche Verbindungen können, so weit mein Urtheil reicht, kein Product einer zufälligen Gerinnung sein, wie man plausibel zu machen versucht hat.

Auf Querschnitten scheint es manchmal, als kämen diese Kerne mit ihren Plättchen und Fortsätzen auch im Innern der Bündel vor, gleichsam zwischen den Nervenfasern versprengt.

Ich selbst habe fast mit Bestimmtheit hierfür sprechende Bilder in Figur 4 geliefert. Trotzdem halte ich den Beweis nicht für erbracht und auch nicht aus meiner Figur mit Nothwendigkeit sich ergebend. Wissen wir doch, dass die Spaltbildungen und Einstülpungen der Bündel viel häufiger sind, als man bisher anzunehmen geneigt war. Zudem ist die Form des neurogliösen Netzwerkes um solche Zellen herum eine ganz andere, als weiter gegen das wirklich constatirte Innere des Bündels. Sehen wir nämlich innerhalb des letzteren genau die Nervenfasern umgebende, annähernd kreisförmige Ringe der gliösen Substanz von variabler Dicke, die natürlich dort, wo drei Ringe zusammentreffen eine eckige Verdickung zeigen müssen, so fällt um diese Zellen (ich verweise nur auf Fig. 4a) eine grössere Weitläufigkeit und eine unregelmässigere Gestaltung der Maschen auf. Es ist recht gut denkbar, dass es sich in diesen und auch in allen anderen Fällen um einen jener minimalen Spalträume handelt, der von quergelagerten (Axel Key und Retzius) Zellen grösstentheils ausgefüllt wird (vergl. Fig. 9d). Ein analoges Verhalten würde z. B. resultiren wenn durch ein Bündel von der Art, wie es in Figur 9 bei d dargestellt ist, ein Querschnitt geführt würde.

Naturgemäss musste sich nunmehr die Frage aufdrängen, was denn eigentlich jene sogenannte Kittsubstanz oder Grundsubstanz des Neurogliagewebes sei. Dass dasselbe nicht mit dem faserigen Netze gleichartig ist, liegt nahe, wird aber auch ausserdem durch jedes wirklich gute Präparat erwiesen. Man bemerkt nämlich, dass ausser den Nervenfasern und den Ausläufern der Zellen noch eine annähernd homogene, nach Einwirkung der Müller'schen Flüssigkeit leicht staubig erscheinende Masse im Innern der Bündel, in der oberflächlichen Schichte und in den Verbindungsbrücken sich gleichmässig ausgebreitet findet. Diese Substanz ist die Neuroglia, jene Masse, die so häufig schon den Autoren Grund zu gegenseitigem Erwärmen gegeben.

Hier auf die vielfachen Controversen über das Wesen und die Bedeutung derselben einzugehen, darauf verzichte ich, denn einmal habe ich zu wenig vergleichende Untersuchungen darüber angestellt, ob die Neuroglia des Opticus und der Centralorgane sich vollständig in ihrem morphologischen und chemischen Verhalten decken, was ich aber noch zu thun gedenke, und zweitens muss ich so wie so noch einmal im II. Capitel der Arbeit ganz ausführlich hierauf zurückkommen.

Dass die Neuroglia im frischen Zustande von teigiger Consistenz, wenigstens äusserst weich sei, ist durch die Injectionsversuche, namentlich von Schwalbe, genügend dargethan: er sah das Berliner Blau leicht in's Innere der Bündel eindringen und nun jede Nervenfaser „in einem blauen Ringe“ liegen. Die durch Kochen und Einwirkung von Alkohol (Henle und Merkel) herbeizuführende Gerinnung reiht es weiter entschieden den eiweissreichen Stoffen an.

Es war mein Bemühen, womöglich zu eruiren, welcher Kategorie der letzteren es angehöre, sowie zu versuchen, ob es sich nicht isolirt zur Anschauung bringen

lasse. Beides gelang. Letzteres zudem auf ganz einfache Weise. Ich fertigte feine Querschnitte von Nerven, die längere Zeit der Alkohol- und Aether-Einwirkung ausgesetzt waren und schüttelte dieselben in Wasser. Nach einiger Zeit hatte ich Präparate, wie theilweis Fig. 4 sie zeigt. Dieselben legten klar, dass die Balken stärker geschrumpft waren, als die Nervenbündel, ferner, dass die Nervenfasern aus dem neuroglösen Netze herausgefallen, was beweist, dass auch zwischen diesen beiden kein gleicher Schrumpfungsmodus besteht. Im Uebrigen stellt die Glia eine Art Sieb mit allerdings ungleichen Oeffnungen dar, entsprechend den verschieden starken Nervenfasern, dessen Bälkchen homogen, scharf conturirt und stark lichtbrechend sind. Eine Färbung vermochte ich weder mit Hämatoxylin, noch mit Carmin herbeizuführen.

Zur Ventilirung der ersten Aufgabe glaubte ich jene von Ewald und Kühne in die Histologie eingeführte Methode der Verdauung anwenden zu sollen, zumal ich mich derselben schon früher mit Erfolg bedient hatte*).

Der mit Alkohol und Aether vorschriftsmässig behandelte Nerv wurde eingebettet**), oder zwischen Leber

*) Die folgenden Verdauungsversuche wurden im hiesigen physiologischen Institute gemacht und sage ich Herrn Geheimrath Kühne für die gütige Erlaubniss und Unterstützung meinen besten Dank.

**) Da bei der Einbettung jede höhere Temperatur als 40° vermieden werden muss, war es unmöglich, die bisher in Anwendung gezogenen Massen zu benützen. Ich bemühte mich daher, gleichfalls im hiesigen physiologischen Institute, bereits vor zwei Jahren eine andere, für Verdauungszwecke geeignete, zusammenzustellen und glaube nun, folgende besonders empfehlen zu können: 100 Gramm feines Gummi arabicum werden nach und nach mit 80 cbc. Wasser in der Reibschale zu einem dickflüssigen Brei angerührt. Nachdem man die Mischung behufs Entfernung der etwa vorhandenen Klümpchen durch ein Flanelltuch gepresst, fügt man 30—40 cbc. Glycerin hinzu und vermengt beides durch langsames Rühren. Entsteht hierdurch Schaum, so wird derselbe

resp. Hollunderstückchen in möglichst feine Quer- und Längsschnitte zerlegt.

Eine neutrale Lösung des tryptischen Ferments bewirkte keine erhebliche Veränderung der Schnitte. Nur in dem Septensysteme trat die fibrilläre Structur merklicher hervor, und es war bei entsprechenden Manipulationen möglich, nunmehr die einzelnen Faserbündel aufzublättern. Es kann dies nur dadurch bedingt sein, dass die verbindende Kittsubstanz, von der Schwalbe mit Recht behauptet, dass sie besonders resistent sei, entweder ganz oder theilweise gelöst ist.

Innerhalb der Nervenbündel hatte sich nichts geändert. Auch mit saurer Lösung des Ferments liess sich kein anderer Erfolg erzielen.

Wurden nun die Schnitte etwa einen Tag lang in

abgestrichen. Nunmehr setzt man 210 cbc. einer reinen, von sämtlichen Chalazienhäutchen freien, Eiweisslösung hinzu, die bekanntlich dadurch erzielt wird, dass man das Eiweiss zerschneidet, längere Zeit in einer Kugelflasche schüttelt und dann sich wieder absetzen lässt. Nach Vermengung beider entfernt man wiederum den grossblasigen Schaum.

Die Einbettung selbst geschieht so, dass das Object in dem Papierkörbchen mit feinen Insectennadeln ausgespannt, oder was noch besser ist, zwischen zwei Plättchen alter Masse befestigt und nun von der Masse übergossen wird. Zweckmässig fertigt man recht hohe Kästchen und füllt selbige bis mindestens 2 cm. oberhalb des Objects.

Zur Herbeiführung der Härtung stellt man die Kästchen in ein möglichst grosses Gefäss eines Alkohol von 80 pCt. Doch vermeide ich, die Flüssigkeit höher als 2 cm. unterhalb der Oberfläche der Masse steigen zu lassen, weil sonst leicht eine Ungleichmässigkeit in den oberen Schichten eintritt. Nach einigen Tagen geht man zu absolutem Alkohol über.

Die Masse hat den Vorthail, jede beliebige Consistenz zu ermöglichen, weil dieselbe immer der Concentration des Alkohol proportionel sein wird und sich also immer leicht corrigiren lässt, ferner, dass sie verwendbar wird, selbst wenn das Object vorher im Wasser lag, endlich, dass sie sich im Wasser leicht löst und so bei etwaigem Missglücken vor jeglichem Verlust werthvoller Objecte absolut schützt.

1 ‰ Salzsäure gelegt und dann verdaut, so trat stets wenigstens eine partielle Wirkung ein, die sich aber zu einer vollständigen gestaltete, sobald durch Kochen eine Quellung und Schrumpfung der bindegewebigen Elemente eingeleitet war.

Nunmehr folgte ein völliger Schwund dieser letzteren und es blieben in den überaus klaren Bildern nur noch die quer- resp. längsgeschnittenen Nervenfaserbündel zurück, frei neben einander liegend und durch verschieden grosse Zwischenräume getrennt. Dieselben zeigen unter Beibehaltung der sonstigen Formen völlig glatte Ränder und im Innern zahlreiche, bald grössere, bald kleinere Spalten.

Im Querschnitt tritt an ihnen ein eigenthümlich knorriges, zackiges Netzwerk hervor, welches unregelmässige Zwischenräume einschliesst und an den Punkten, wo drei oder mehrere solcher zusammenstossen, erheblich verdickt ist. Dies Bild erhält sein Analogon an Längsschnitten. Auch hier sehen wir ein cavernöses System, an dem aber, entsprechend den verdickten Punkten des Querschnitts ein grobes, in ganz kurzen Abständen winklig gebogenes Faserwerk hervortritt, welches an den Ecken mit seitlichen, gewöhnlich gleich starken Fortsätzen versehen ist. Zwischen diesen sparigen Balken, die sich auch isoliren lassen (Fig. 5), finden sich zahlreiche, viel dünnere Bälkchen eingelagert, manchmal in membranartiger Anordnung und es resultirt nicht selten ein Bild, wie ich solches bereits vor zwei Jahren an der Nervenfaserschicht der Netzhaut beschrieben habe und Sattler bestätigte.

Dieses Netzwerk, welches einer lang andauernden Typsinverdauung widerstand, kann weder der collagenen, noch der elastischen Substanz zugerechnet werden. Wohl aber wäre es möglich, dass Mucin oder Nueleine darin enthalten sei. Um aber auch dieses ausschliessen zu

dürfen, wurden derartig verdaute Schnitte des Längeren mit dünnen Alkalien behandelt, welche bekanntlich obige Stoffe zu lösen geeignet sind.

Es stellte sich heraus, dass auch diesen Reagentien gegenüber jenes Netzwerk resistent blieb. Somit lässt sich dasselbe dem von Ewald und Kühne entdeckten Neurokeratin zuzählen, zumal auch das Millon'sche Reagens eine coincidente Färbung liefert.

Als weitere Frage drängte sich unwillkürlich die auf, ob das eben gekennzeichnete und dem chemischen Charakter nach als Neurokeratin anzusprechende, eigenthümlich faserige Gewebe nicht vielleicht einzig und allein den Hornscheiden der markhaltigen Fasern seine Existenz verdanke. Dass dies theilweis der Fall, ist wohl kaum zu bezweifeln. Jedenfalls möchte ich aber die bald dickeren, bald dünneren, manchmal membranartigen, zackigen und eckigen Netzwerke als geschrumpfte Ueberbleibsel des sogenannten Neurogliagewebes ansprechen.

Die eben gegebene Darstellung des Baues der Nervenfaserbündel ist indess nur für den Theil des Nerven gültig, welcher centralwärts von der Lamina cribrosa gelegen ist. Hier vollzieht sich bekanntlich eine eigenthümliche Veränderung in der Structur desselben.

Abgesehen davon, dass, wie bereits erwähnt, die früher ausserordentlich spärlichen Theilungen resp. Anastomosen der Bündel zahlreicher werden, verschmälert sich auch das Volumen des Nerven innerhalb des Durchtrittsloches bis etwa auf die Hälfte und zwar lediglich auf Kosten des Umfanges der Bündel, während das modificirte Balkengerüst eher an Mächtigkeit zunimmt. Die Configuration des dünner werdenden Nerven ergibt sich, glaube ich, aus der oben genau erörterten Form des Durchtrittsloches und übergehe ich daher diesen Punkt, um mich nicht zu wiederholen.

Der Grund dieser so beträchtlichen Dickenabnahme

der Nervenbündel liegt in folgenden zwei zusammenwirkenden Momenten: einmal verlieren die Fasern ihre Myelinscheiden und bedingen so eine beträchtliche Reducirung des Volumens und zweitens geht hiermit Hand in Hand eine zwar weniger deutliche Verminderung der Neurogliasubstanz. Nur die Kerne mit ihren Plättchen bleiben in annähernd gleicher Zahl bestehen, aber sie scheinen zahlreicher zu werden, weil sie nothwendigerweise näher an einander rücken. Die Totalität der nervösen Substanz verhält sich in der Höhe der mittleren Lamina zur bindegewebigen etwa wie 3:4, bietet also ein umgekehrtes Verhältniss, wie früher im markhaltigen Theile.

Die feineren Vorgänge bei dieser schon makroskopisch sichtbaren Umwandlung im Nerven sind nur ausserordentlich schwierig zu eruiren. Hinsichtlich des Aufhörens der Myelinscheiden vermochte ich indess so viel zu constatiren, dass die Hohlcylinder des Markes kurz vorher noch dünner und dafür länger wurden und schliesslich als ganz zarte Streifen ausliefen. Die Axencylinder sind auch noch fernerhin von der Axencylinderscheide umhüllt und streben, durch wechselnde Mengen von Neuroglia unter einander zu Bündelchen verkittet, dem Augeninnern zu. Dabei bleibt fortan die Structur der Nervenfasern durchaus die gleiche. Wenigstens konnte ich niemals einen Unterschied zwischen den marklosen Fasern der Lamina und der Nervenfasernschichte der Retina feststellen, in Sonderheit nicht in der Art, dass sich nach der Passage der Siebplatte wieder eine, wenn auch nur entfernt dem Mark ähnliche Hülle um die Axencylinderscheide legte.

Die Neurogliazellen zeigen während dieser so wesentlichen Umgestaltungen der Nervenbündel keine nennenswerthen Veränderungen. Sie bleiben mit ihren Fortsätzen nach wie vor vorwiegend senkrecht auf die Verlaufsrichtung der Axencylinder gestellt und imponiren am Längsschnitt

in der Lamina, sowie jenseits derselben bis dorthin, wo der Nerv über die beginnende Retina sich auszubreiten beginnt, als ausserordentlich deutlich hervortretende Zellenreihen zwischen den einzelnen Bündeln, die schon Donders und alle folgenden Untersucher als charakteristisch erwähnen. Da aber die Verdünnung jeder kreisförmig sich ausbreitenden Masse dem Radius proportional quadratisch zunimmt, darf es nicht Wunder erregen, dass jene Zellenreihen auch, sobald die Bündel in der Ebene der inneren Netzhaut angelangt sind, aufhören als solche fortzubestehen und dass sie fortan nur andeutungsweise als vereinzelte Zellen mit dann um so deutlicheren Fortsätzen auftreten. Zudem behalten die Bündel in der Netzhaut nicht mehr die runde oder prismatische Form, wie ehemals im Sehnerven bei, sondern platten sich ab. Dabei ist es eine eigenthümliche Vorliebe der Neurogliazellen an den breiten Flächen und von diesen besonders wieder an der der Retina zugewandten Platz zu nehmen.

Das Auseinanderstrahlen der Sehnervenbündel, sobald diese den Chorioidalring passirt haben, geschieht nicht in einer nach allen Richtungen gleichmässigen Weise. Vielmehr wenden sich nach oben, innen und unten mehr Faserbündel als gerade nach aussen. Wird hierdurch bereits eine Niveaudifferenz gegeben, so kommt als weiterer Grund einer solchen noch der Umstand hinzu, dass die beginnende Netzhaut, welche sich bekanntlich gleichsam als Hypomochlion bis an den Rand des Eintrittsloches vorschieben soll, hierselbst eine verschiedene Mächtigkeit und Gestalt in den einzelnen Abschnitten besitzt.

Genaue, auf den letzteren Punkt gerichtete Untersuchungen haben ergeben, dass die Netzhaut niemals bis an den wirklichen Rand des Durchtrittsloches sich erstreckt, sondern dass dieselbe

immer durch eine allerdings verschieden grosse Ausdehnung eines eigenthümlichen Gewebes von demselben getrennt wird.

Ehe ich jedoch mit der Beschreibung desselben, sowie seines Verhaltens zum Netzhautanfange beginne, glaube ich die wenigen Notizen vorausschicken zu sollen, welche sich in der Literatur, soweit ich mich zu orientiren vermochte, hierüber bereits vorfinden:

Gelegentlich der Besprechung der Papillenformen sagt H. Müller: „Es waren mir früher Fälle vorgekommen und ich hatte sie für das eigentlich normale Verhalten angesehen, wo die äusseren Schichten der Netzhaut nahezu unverändert bis an den Rand der Chorioidea gehen, um dort ganz rasch zugespitzt zu enden.“ „Diesen Fällen gegenüber stehen andere, wo die äusseren Retinaschichten nicht erst dicht am Rande der Chorioideaenden, sondern schon etwas entfernt davon, 0,1 — 3 mm, während sie schon zuvor etwas dünner wurden.“ Später that auch Klebs des Retinaanfanges Erwähnung. „Der dem Opticus zunächst liegende Theil der äusseren Netzhautschichten besteht zuerst nur aus Stäbchen und äusserer Körnerschicht, dann kommt die innere Körnerschicht hinzu, endlich die granulirte, zwischen der und der Opticusausbreitung sparsam Ganglienzellen vertheilt sind.“

Ausführlich berichtet hierüber erst Schwalbe in seiner schon so oft citirten klassischen Arbeit. Dieser Forscher fand, dass „die Netzhaut auf der Seite des gelben Flecks senkrecht abgeschnitten, leicht abgerundet aufhört, auf der entgegengesetzten Seite dagegen meist einen zugespitzten Rand besitzt.“ „Am weitesten nach dem Opticus zu reicht auf dieser letzteren Seite die Schichte der Stäbchen und Zapfen, vom Sehnerven meist (an Präparaten aus dem Merkel'schen Chromsäure-, Chlorplatin - Gemisch) durch ein eigenthümliches, spongiöses Gewebe getrennt, das mit dem Sehnerventamm in unmittelbarem Zusammenhange zu stehen scheint.“ Die anderen Schichten hören dann successive auf, die innere granulirte und Ganglienschichte zu gleicher Zeit. Alle sind schräg abgestutzt, d. h. die äusseren Theile reichen näher an den Opticuseintritt als die inneren. Hierdurch resultirt besonders in der äusseren Körnerschicht ein schräger Verlauf der Fasern,

ähnlich wie an der Macula lutea. „Ausser dieser schrägen Faserung der äusseren Körnerschicht bemerkt man noch eine andere, vom Sehnerven selbst hineinstrahlende, ebenfalls schräge, welche sich mit der zuerst erwähnten nahezu unter einem rechten Winkel kreuzt.“ Welcher Art diese Faserung sei, lässt Schwalbe unentschieden. Einmal beobachtete Schwalbe auch, dass feine Fasern vom durchtretenden Opticus direct in die innere Körnerschicht ausstrahlten, aber gleichfalls, ohne über ihre Natur klar werden zu können.

Meine eigenen Untersuchungen*) überzeugten mich, dass an jedem durch die Mitte des Sehnerveneintritts gelegten Schnitte zwischen Choroidealring und Retina ein stäbchenfreier Raum existire. Derselbe wird von einem Gewebe ausgefüllt, welches den äussersten Nervenbündeln eng anliegt und welches proportional der Entfernung vom Eintrittsloche mächtiger wird.

Nach aussen, d. h. gegen das Pigmentepithel hin wird es von einer directen Fortsetzung der Limitans externa retinae überzogen und scharf abgegrenzt.

Hinsichtlich der Ausdehnung dieses Gewebes, welches ich, weil es zwischen eigentlichem Sehnerven und Netzhaut gelagert erscheint, als „intermediäres“ bezeichnen will, lassen sich nur allgemeine Angaben machen. Auf der, der Macula lutea zugewendeten Seite des Sehnerveneintritts mass ich zwischen 0,08—0,2 mm, während auf der gegenüberliegenden nicht selten 3,0 mm Ausdehnung constatirt wurden. Nach oben, sowie nach unten um die Papille findet ein Uebergang in der Art statt, dass daselbst eine mittlere Mächtigkeit von etwa 0,1 bis 0,9 mm angetroffen wird.

Nachdem so der Bezirk des intermediären Gewebes

*) Ueber die nun folgenden Untersuchungen trug ich bereits Anfang Februar d. J. in hiesigem naturhistorisch-medicinischen Vereine vor und demonstirte auch eine Anzahl hierauf bezüglicher Präparate.

skizzirt worden, erübrigt es, auf die feinere Structur, wenn auch nur in Kürze, einzugehen.

Wo der Sehnerv mit seinen äussersten Bündeln dem choroidealen Schnürringe anliegt, finden sich gewöhnlich keine zelligen Elemente (sondern höchstens einige bindegewebigen Längsfibrillen) zwischen beiden. Es treten solche aber unmittelbar auf, sobald das Innere des Auges erreicht ist. Die zunächst einschichtige Lage verdoppelt, ja verdreifacht sich schnell und nimmt keilartig bis zum Beginne der Netzhaut zu.

Vergleicht man diese Zellen mit jenen, welche am Rande des Sehnervenstammes innerhalb des Durchtrittsloches sich finden, so wird eine merkwürdige Uebereinstimmung zwischen beiden auffallen. Denn hier wie da besteht nicht nur die gleiche Grösse des Kernes, sondern es zeigt auch der Zelleib die nämliche eckige und zackige Beschaffenheit und leichte protoplasmatische Körnelung.

Dabei drängt sich unwillkürlich der Gedanke auf, als seien beide Zellengruppen in fortlaufender Reihe angeordnet gewesen und nur durch die stetig fester und inniger werdende Umschnürung des unnachgiebigen Choroidealringes getrennt, oder richtiger von einander abgeschnürt worden.

Diese Vermuthung wird, ganz abgesehen von dem entwicklungsgeschichtlich zu erbringenden Beweise, noch dadurch bedeutend plausibler, dass die zelligen Elemente einem an beiden Stellen durchaus gleichartigen, spongiösen, merkwürdig verfilzten und knorrigen Netzwerke einresp. angelagert sind. Die Balken desselben sind scharf conturirt, stark lichtbrechend und von eigenthümlich gläsigem Aussehen. Verdünnte Säuren vermögen keine Quellung zu erzeugen, desgleichen ist die tryptische Verdauung nicht im Stande, dasselbe zu lösen.

Die innerste, d. h. die den Nervenbündeln unmittelbar anliegende Lage der Zellen des intermediären Ge-

webes zeichnet sich, wie die früher besprochenen Kerne der Neuroglia, durch Fortsätze aus, welche im Verein mit den gegenüberliegenden Zellen an dem Bündel jenes charakteristische, querfaserige Netzwerk verursachen.

An einzelnen Zellen fallen die Fortsätze durch ihre Stärke und Länge, sowie zahlreichen dichotomischen Theilungen auf.

Fragen wir nun, was aus dem intermediären Gewebe wird, so sehen wir, dass zunächst ein Theil in die Netzhaut übergeht. Die Constatirung dieses Verhaltens ist indess nicht immer leicht und eigentlich mit absoluter Gewissheit nur an der Hand der Entwicklungsgeschichte zu liefern.

An gelungenen Präparaten stellt sich der in Rede stehende Uebergang so dar, dass einzelne Kerne mit der äusseren und zahlreichere mit der inneren Körnerschichte verschmelzen, desgleichen, dass ein Theil des Netzwerkes sich, oftmals in ganz sprechender Weise, in letztere sowie in die innere moleculäre und ganglionäre Schicht hineinsenkt.

Eine weitere Anzahl der Zellen folgt den Nervenbündeln in der oben erörterten Weise. Der Rest aber scheint gewöhnlich dort, wo die Netzhaut beginnt, in nach vorn convexem Bogen zu verschwinden, ohne dass eine fernere Verfolgung möglich.

Es wurde bereits erwähnt, dass die Limitans externa retinae das intermediäre Gewebe nach aussen hin abgrenzt. Dies geschieht so, dass die Limitans, nachdem die Stäbchen und Zapfen aufhören, in leichtem Bogen der Pigmentepithelschicht sich nähert und nur durch einen meist capillaren Spalt von demselben getrennt in das Durchtrittsloch des Sehnerven sich hineinbiegt.

Gar häufig wird durch das Umgeschlagensein des Endes der Elastica choroideae, cfr. oben, ein Trugbild insofern vorgetäuscht, als diese letztere mit der Limitans zusammenzuhängen scheint. Auch die aus der Choroidea

stammenden kleinen Gefässe, welche um den Schnürring der *Elastica* herum zum intermediären Gewebe sich erstrecken und von fibrillärem Gewebe mit ovalen Kernen begleitet sind, trüben nicht selten die Klarheit der Bilder.

Ich führe diese beiden Momente, welche hauptsächlich geeignet sind in dem ja so einfachen Verhalten Verwirrung anzurichten ausdrücklich an, um den etwaigen Nachuntersuchern in dieser Richtung einen Fingerzeig zu geben.

Es dürfte einleuchten, dass der Nachweis dieses normaliter in jedem Auge vorhandenen, intermediären Gewebes, besonders für die pathologischen Veränderungen des Sehnerven in Frage kommt. So möchte ich denselben in erster Linie zur Erklärung dafür in Anspruch nehmen, dass die Stauungsneuritis der mittleren Grade immer den Umfang der Papille zwar übertrifft, aber mehr nach innen, als nach aussen. Dem entsprechend wird der neuritische Wulst nach der inneren Seite grösser sein müssen, als nach der gegenüberliegenden, was in der That stets der Fall ist. Ja die Existenz des sogenannten neuritischen Wulstes überhaupt scheint mir hierdurch erst ihre Begründung zu erhalten. Es handelt sich nämlich nicht um Sehnervensubstanz, die aus dem Durchtrittsloche hervorgequollen ist, wobei gar nicht zu verstehen wäre, warum dieselbe sich parallel der Choroidea anlegen sollte, sondern um die pathologische Veränderung der in loco präexistirenden Bündel. Halten wir an der Erklärung fest, dass bei Hirnleiden die lymphatische Stase den *Hydrops vaginae* (Manz) bedingt, so können wir mit Zuhülfnahme der schönen Entdeckung Rumpf's, der bekanntlich fand, dass der Axencylinder der markhaltigen Fasern in Lymphe quillt und zerfällt, uns die feineren Veränderungen im Nerven selbst ziemlich klar machen. In Folge der Retention der Lymphe tritt eine chemische Veränderung derselben ein, die nun in noch höherem

Grade befähigt ist, die Axencylinder zur Quellung zu bringen. Sie wird natürlich dort, wo die Stase am grössten ist, d. h. dem Fundus der Zwischenscheidenräume gegenüber umsomehr ihre Wirkung zu zeigen beginnen, als an dieser Stelle ja auch die schützenden Markmäntel der Fasern plötzlich aufhören und die Axencylinder nur von ihren zarten Scheiden umhüllt werden. Hierselbst ist auch der factische Ausgangspunkt jeder Neuritis ex stasi lymphatica. Denn, wie ich*) gezeigt, tritt trotz der rigiden Wandungen des Eintrittsloches eine solche Quellung der Nervenbündel ein, dass man schon makroskopisch an Schnitten die beiderseitige, auf der innern Seite aber immer stärker ausgesprochene, halbkugelförmige Ectasie im Durchtrittsloche intra scleram et choroideam recht deutlich erkennt. Dabei will ich die Quellung des bindegewebigen Bestandtheils des durchtretenden Nerven nicht ganz in Abrede stellen. Wahrscheinlich wirkt die Lymphe auch auf diese Elemente irritirend. Die Hauptveränderung betrifft aber im Beginn des Leidens immer die Nervenmasse.

So lange die neuritische Quellung innerhalb des Durchtrittsloches localisirt bleibt, ist mit dem Spiegel nur eine graue Verfärbung der Papille zu sehen. Erst wenn die Causa morbi länger andauert, geht die Quellung auch auf den intraocularen Theil über und jetzt erst nach dem Auftreten des intraocularen neuritischen Wulstes, sowie der Schwellung der Papille ist in toto das Bild der typischen Stauungsneuritis auch objectiv constatirbar. Die feineren Veränderungen im Axencylinder, welche durch die Quellung verursacht werden, habe ich nicht verfolgen können. Ich denke mir dieselben aber nach Analogie anderer Gewebe so, dass primär eine Trübung und Quellung der Substanz des Axencylinders

*) Kuhnt: Erkrankungen des Sehnerven bei Hirnleiden. Vortrag auf der Versammlung südwestdeutscher Neurologen und Irrenärzte. Heidelberg, 17. Mai 1879.

statt hat, welchen bei intensiven und langdauernden Affectionen ein körniger Zerfall und weiterhin eine fettige Metamorphose folgt. Die Resorption der Detritusmassen leitet dann den Uebergang in die Atrophie ein. So lange nur eine Trübung und Quellung, selbst hohen Grades, bestand, kann die Sehschärfe normal sein und eine völlige *restitutio ad integrum* eintreten. Bei weiter vorgeschrittenen Veränderungen bleibt diese letztere natürlich ausgeschlossen.

Berücksichtigen wir die früher gelegentlich der Besprechung des centralen Bindegewebsmeniscus gegebenen Hinweise auf die Pathologie, so können wir die pathologisch-anatomische Differentialdiagnose zwischen allen Neuritisformen, die zu anderen pathologischen Processen im Auge hinzutreten, einerseits, den Neuritisformen *ex stasi lymphatica* andererseits kurz so formuliren, dass bei den ersteren immer eine Proliferation im centralen Bindegewebsmeniscus, immer ein intraocularer neuritischer Wulst, fast nie dagegen ein solcher im Durchtrittsloche vorhanden ist, während bei den letzteren stets ein neuritischer Wulst im Durchtrittsloche und ein intraocularer Wulst, nie dagegen eine bindegewebige Proliferation, Zellanhäufung, Pigmentirung etc. im centralen Meniscus zu constatiren ist*).

Ich werde selbstredend diese nur ganz allgemein und gleichsam vorläufig ausgesprochenen Sätze in einem späteren Capitel mit allen den Gründen und der Sorgfalt zu erhärten suchen, welche die Wichtigkeit des Gegenstandes erheischt.

Nach diesen Bemerkungen über das intermediäre Gewebe in Hinsicht auf die pathologische Anatomie

*) Natürlich stehen nur die ersten Stadien der Erkrankung in Rede. Später kann überhaupt nicht mehr von exacten Unterscheidungen die Rede sein.

glaube ich nicht unterlassen zu dürfen, auch auf sein physiologisches Interesse hinzuweisen.

Dasselbe scheint mir nämlich insofern von Bedeutung, als es für das nun auch von Helmholtz länger angenommene schematische Auge die Uebereinstimmung des Mariotte'schen Fleckes mit den bisherigen Messungen anatomisch begründet.

Endigungsarten der Netzhaut am Opticus.

Es wurde bereits bemerkt, dass einzelne Elemente des intermediären Gewebes in die beginnende Netzhaut übergehen. Untersuchen wir nun des weiteren die Structur der letzteren, so müssen wir zunächst hervorheben, dass sich allgemein gültige Regeln hinsichtlich ihres Ursprungs nicht geben lassen.

Am häufigsten, etwa in der Hälfte aller hierauf untersuchten Augen (deren Zahl zwischen 30—40 beträgt) fand ich, dass gegen die Macula zu die Netzhaut plötzlich, wie abgeschnitten aufhört, indem nur die äussere und innere Körnerschicht sich ein wenig verjüngen. Es genügt hierbei eine Ausdehnung manchmal von 0,01mm, um die Umwandlung zu ermöglichen. Auf der entgegengesetzten Seite ist ein gleiches Verhalten nur ganz ausnahmsweise anzutreffen. Gewöhnlich herrscht hier eine successive Verjüngung vor. Auch eine Dickenabnahme in zwei grösseren Abfällen derart, dass erst die ganglionäre, moleculäre und innere Körnerschicht und dann in kurzem Intervalle auch der Rest folgte, sah ich bisweilen. Als vierte Combination begegnete mir die, dass beiderseits eine continuirliche Zuspitzung, wie Klebs dies annahm, Platz griff. Findet eine Verjüngung in der letztgenannten Weise statt, mag diese nun ein- oder beiderseitig sein, so fällt ein schräger Verlauf der Fasern in dem von Schwalbe vorgezeichneten Sinne auf. Dies zeigt sich in besonders eclatanter Weise in der Zwischen-

körner- und äusseren Körnerschicht. Berücksichtigen wir, dass der Raum, innerhalb welches sich die Verdünnung der Retina vollzieht, nicht selten bis 0,6mm betragen kann, so wird ja auch von selbst hieraus der Schluss resultiren, dass, wofern wir die Stäbchen und Zapfen als nervös ansehen, die zu ihnen strebenden Fasern einen annähernd ebenso schrägen Verlauf zeigen müssen. Wie ich indess schon vor einiger Zeit fand, ist es nicht absolut nöthig, dass die Nervenfasern immer erst durch Vermittelung einer Ganglienzelle zu den inneren Körnern treten. Es kann dies auch direct geschehen, wie Schwalbe bereits als möglich hinstellte. Und zwar überzeugte ich mich von diesem Verhalten besonders häufig gerade am Anfangstheile der Retina. Ich bemerkte hierbei, dass es keineswegs die der Netzhaut nächsten oder unmittelbar anliegenden Bündel sein müssen, welche ihre Fasern derart in die inneren Körner hineinsenden, sondern, dass diese Abgabe vielmehr gewöhnlich von entfernteren Bündeln geschieht.

Entsprechende Controluntersuchungen an der eigentlichen Netzhaut haben gezeigt, dass auch hier ein Gleiches häufig vorkommt, indem ich wiederholt geradezu von den innersten Bündeln zwei oder drei Nervenfasern bogenförmig zu Ganglienzellen sich senken und in dieselben eintreten sah.

Anschliessend reihe ich die weitere Beobachtung an, dass man veritable Ganglienzellen mit charakteristischem Kerne, Kernkörperchen, Zellleib und auch erheblicher Grösse nicht selten ziemlich dislocirt antreffen kann. Relativ häufig sind hierbei die Fälle, in welchen sie mehr weniger tief in die moleculäre Schicht, schon seltener, wo sie bis zur inneren Grenze der inneren Körner vorgeschoben sind. Allein selbst bis mitten unter diese, ja bis an die äussere moleculäre Schicht sah ich in einzelnen Präparaten unzweifelhafte Ganglienzellen gelagert.

Nach dieser kleinen Abschweifung erübrigt es, hier schliesslich noch darzuthun, wie die Stäbchen- und Zapfenschicht endigt.

In einer Entfernung von 0,2mm fangen ganz allmählig die Elemente an eine schräge Stellung einzunehmen. Dieselbe schreitet successive vor und erreicht dort, wo die Endigung wirklich eintritt, eine Abweichung von der Senkrechten, die bis 45° betragen kann. Hierbei ist das Aussenglied mehr gebogen, als die innere Hälfte. Fast gleichzeitig mit dieser Schiefstellung tritt eine Verkürzung ein und zwar bei den Stäbchen ebenso, wie bei den Zapfen. Diese nimmt besonders unmittelbar vor dem gänzlichen Verschwinden der Schicht, wo die letzten äusseren Körner dem intermediären Gewebe sich anschmiegen, so rapid zu, dass nur noch ungefähr die Hälfte der sonst normalen Länge restirt. In einzelnen Fällen beobachtete ich auch, dass proportional dem Kürzerwerden der Elemente eine Verdickung Platz griff. Es erinnerten dann die knolligen Gestalten, welche manchmal fast hyalinen Kügelchen glichen, lebhaft an jene merkwürdigen Configurationen, wie wir solche später wieder kurz vor der Ora serrata antreffen werden.

Mein Bestreben ging ausserdem noch dahin, wo möglich zu bestimmen, wie viel Fasern durch den Opticus in die Faserlage der Netzhaut eintreten. Da, wie bekannt, zahlreiche Theilungen der Bündel gerade unmittelbar vor dem Eintritt in die Lamina cribrosa, oder während des Verlaufs durch dieselbe erfolgen, schien es geboten, die Stelle des choroidealen Ringes als Zählungs-ort zu benutzen.

Ich stellte den Versuch in der Weise an, dass ich erstens sehr feine, genau durch die Mitte des Nerven — wenigstens durch die Mitte der centralen Gefässe — gelegte Schnitte mit Hartnack 12, Ocular 4 auf ihre Ner-

venfaserzahl prüfte und nun, nachdem ich so $2r$ gefunden, den Inhalt des Kreises berechnete und zweitens, dass ich einfach Querschnitte zur Controle theilweis zählte. Selbstverständlich lässt sich hierbei immer nur ein annähernder Werth finden. Denn abgesehen von der Fehlerquelle, die dadurch entsteht, dass man den Sehnerven kreisförmig annimmt, wird auch die weitere Voraussetzung der gleichmässigen Vertheilung der Fasern zu kleineren Fehlerquellen Veranlassung geben müssen. Immerhin aber glaube ich die Werthe, welche sich ergaben, nicht unterdrücken zu sollen, zumal dieselben mit der Schätzung Krause's — der einzigen mir bekannt gewordenen — in krassem Widerspruche stehen und ich auch in einem späteren Capitel hierauf recurriren möchte.

W. Krause sagt: „Die Zahl der Ganglienzellen in der ganzen Netzhaut ist aber jedenfalls nicht kleiner, als die der Nervenfasern im Opticusstamme, welche auf mindestens eine Million geschätzt werden kann“. Ohne auf die weiteren Consequenzen einzugehen, die jener Forscher hieraus zieht und die mir, selbst wenn obige Schätzung den Verhältnissen entspräche, noch durchaus zweifelhaft erscheinen würden, lasse ich die Zahlen folgen, wie solche auf obengenannte Weise sich ergeben.

Bei einem frühgeborenen Kinde des 9. Monats stellte sich die Summe der Nervenfasern an durch die Mitte des Sehnerveneintritts geführten Schnitten nie auf mehr als 200. Nehmen wir diese Ziffer als $2r$ an, so haben wir in $r^2 \pi = 31,400$ die Summe sämmtlicher in die Netzhaut eintretender Nerven Elemente.

Es schien von Interesse, festzustellen, ob an erwachsenen, sowie an älteren Individuen dieselben Verhältnisse sich finden. Deshalb wurde in gleicher Weise verfahren bei einem Auge, welches sicher constatirte normale Sehschärfe intra vitam besessen und einem etwa 40jährigen Manne wegen orbitaler Geschwulst enucleirt

werden musste, sowie an den gleichfalls im Leben normalsichtig gewesenen Augen einer Pthisica von 50 Jahren.

Auch hier konnte ich auf medialen Längsschnitten im ersten Falle nur etwa 200 bis 230, im zweiten etwa 220 bis 240 Nervenfasern sicher unterscheiden.

Wir würden also auch hier nur etwa 40,000 Fasern anzunehmen haben. Natürlich könnten selbst erhebliche Differenzen nur wenig bedeuten, da den individuellen Schwankungen und kleinen Verschiedenheiten in der Schnittebene einige Bedeutung beigelegt werden muss. Keinesfalls möchte ich aber aus dem Variiren der Zahlen zwischen einem frühgeborenen Kinde und mittelbejahrten Personen etwa den Schluss ziehen, dass im postembryonalen Wachsthum eine Vermehrung der Nervenfasern aus irgend einem Grunde Statt habe.

Entwicklungsgeschichtliche Notizen.

Die nun folgenden entwicklungsgeschichtlichen Notizen machen keineswegs den Anspruch auf Vollständigkeit. Wenn ich dieselben dennoch der vorhergehenden Arbeit anreihe, so geschieht es nur deshalb, weil einmal bei den so überaus mangelhaften Kenntnissen gerade über die Entwicklung des Opticus beim Menschen, ein jeder auch noch so geringer Beitrag erwünscht sein dürfte, sowie zweitens, weil ich einzelnen abweichenden Darstellungen beim Erwachsenen hierdurch eine Stütze geben möchte.

Die Untersuchungen bezogen sich ausschliesslich auf Embryonen vom fünften Monate an. Frühere Stadien konnte ich nicht in genügender Menge erhalten.

Die Scheiden, um zunächst das Verhalten dieser

zu erörtern, sind beim fünfmonatlichen Embryo eigentlich noch nicht in die später herrschende Dreitheilung, in die Pia, Arachnoidea und Dura optici zerfallen. Sie stellen noch ein starkes Bündel längsfibrillärer kernreicher Fasern dar. Dasselbe, gegen den Nerven zu am compactesten und scharf abgegrenzt, führt viel Blutgefäße, die zahlreiche Zweige in die Nervensubstanz senden. Nach aussen werden die Fasern lockerer, spärlicher und es hat keine prägnante Abhebung gegen das orbitale Gewebe statt.

Allein noch im fünften Monate, oder im Beginne des sechsten des embryonalen Lebens treten gleichsam die Vorläufer der Differenzirung in die einzelnen Scheiden in Form von Längsspalten auf. So findet sich stets eine dem innern Rande etwa 0,025 bis 0,035 mm nahe, die durch viele schräg von einer zur andern Seite ziehende Fasern resp. Faserbündelchen mit ovalen Kernen unterbrochen wird. Die mehr nach aussen hin vorkommenden — meist 2—3 — sind weder in ihrem Auftreten constant, noch in ihrem Aussehen typisch.

Unmittelbar am Bulbus verschwindet der innere Spaltraum und es tritt in dem sonst gleich breiten Integument eine beträchtliche Dickenzunahme ein, theils durch Vermehrung der Kerne, theils durch Sichtbarwerden von zahlreichen Querfasern.

Die Sclera und Chorioidea sind in dieser Zeit zusammen 0,3—0,45 mm mächtig. Dabei misst die letztere etwa 0,03—0,045 mm und lässt bereits als einzelne Schichten die Elastica, die Choriocapillaris, die Schicht der kleinen Gefäße (Arterien und Venen) unterscheiden. Vom perichoroidalen oder Arnold-Schwalbe'schen Raume ist in der Nähe des Nerven durchaus nichts sichtbar, erst in einer Entfernung von 0,4—0,5 mm zeigen sich Lücken und Spalten, die mit Vorliebe der inneren Oberfläche der Chorioidea parallel verlaufen und von re-

lativ straffen Fibrillen, denen deutlich ovale Kerne eigen sind, geschieden werden. In der Sclera, die gegen den Tenon'schen Raum ziemlich klar begrenzt ist, imponiren meridionale und circuläre Faserbündel in nicht näher zu schematisirender Weise. Der äusserste Schnürring in der Nähe des Nerven ist noch nicht erkennbar.

Der Uebergang der gemeinsamen Umhüllung des Opticus findet durch einfaches Umbiegen in die Bulbus-häute statt, welche letzteren hier in hohem Grade von Kernen und circulären Faserbündeln durchsetzt sind und in Folge davon schon jetzt eigenthümlich fest und verfilzt erscheinen.

Der chorioidale Ring ist nur wenig angedeutet und überhaupt die Verbindung der Scheiden und der Häute mit dem Nerven keine sehr innige, so dass Isolationen beider unschwer gelingen.

Im weiteren Entwicklungsgange — im 6. Monate und im Beginne des 7. — bildet sich eine Trennung und ein Selbstständigwerden der einzelnen Scheiden aus. Der innerste, früher nur durch eine schmale Längsspalte gesonderte Theil ist als distincte Pialscheide überall deutlich hervortretend. Dieselbe besteht aus längsverlaufenden, fibrillären, mit Kernen besetzten Fasern, denen sich nach aussen, besonders nahe dem Bulbus, auch Quersfasern anreihen. Die Mächtigkeit beider Lagen, der longitudinalen und der circulären ist nicht genau zu bestimmen. So viel lässt sich indess leicht constatiren, dass die innere Schichte scharf von den eigentlichen Opticusbündeln gesondert ist, wie Querschnitte mit Carmin tingirt, lehren. Zudem scheinen mir die innersten Längsfibrillen lockerer und zarter, als die an der Quersfaserlage grenzenden, in welchen zu dieser Zeit sämtliche Blutgefässe enthalten sind. Etwa in einer Entfer-

nung von 0,3 mm vom Bulbus beginnt sich die Querfaserschicht zu verdicken.

Auch die äusseren, früher durch inconstante und unvollkommene Spalten getrennten Theile des gemeinsamen Integuments haben sich bedeutend verstärkt. Sie bestehen nunmehr aus straffen, vornehmlich longitudinalen Fasern, welche zu Bündeln vereinigt sind, zwischen denen sich am Längsschnitt einzelne Lücken markiren. Centralwärts vom Eintritt der grossen Gefässe in den Opticus fand ich in der Mehrzahl der Fälle deren drei, bulbärwärts aber deren 4 oder 5. Etwa 0,2 mm vor dem Uebergange in die Sclera werden die früher nur sparsamen Querfasern, besonders in der inneren Hälfte zahlreicher und zugleich die ganze Scheide stärker.

Zwischen pialer und duraler Scheide, die gewöhnlich durch einen grösseren Raum getrennt werden, ist ein kernreiches Gewebe vorhanden. Dasselbe, im Allgemeinen der Dura optici näher gelegen als der Pia, erstreckt sich vom spaltförmigen Fundus an durch den ganzen Zwischenscheidenraum. Es wechselt in seiner Dicke vielfach zwischen 0,03—0,08 mm und zwar scheint dies durch zahlreiche, besonders von der Pia ausgehende platte Balken bedingt zu werden, die von ihrem eigentlichen Gewebe sich losblättern und an jene anlegen. Von der Innenfläche der duralen Scheide treten gleichfalls zu dieser Arachnoidea optici Gewebzüge. Dieselben charakterisiren sich indess noch deutlicher als einfache Gewebsschichten, welche sich nur unter einem mehr weniger spitzen Winkel abzweigen.

Besonders beachtenswerth ist, dass diese Arachnoidealscheide sich unter Umständen in zwei Blätter spalten lässt, deren jedes einer dünnen Membran gleicht, und mit plättchenartigen Gebilden von unregelmässiger Form mit runden oder ovalen Kernen bepflanzt ist. Im Fundus hört sie, noch bevor die ganze Dura optici sich

umgeschlagen, in nicht ganz genau zu definirender Weise auf. Die gerade hier ausserordentlich zahlreichen und starken longitudinalen Faserbündel, welche sich von beiden Seiten angeschlossen hatten, biegen analog den Scheiden, sobald der Fundus spitz und spaltförmig ausgelaufen, in die Sclera um.

Die Dicke der Lederhaut beträgt jetzt ungefähr 0,8 mm, an der Uebergangsstelle der Scheiden gemessen aber nur 0,7—0,72 mm. Ihr Gewebe besteht aus straffen, derben, längs- und querfaserigen Fibrillen mit vielen eingestreuten Kernen. Die Anordnung beider Faserarten ist eine ziemlich wechselnde, d. h. sie folgen sich ohne bestimmbare Regel. Im Allgemeinen scheinen mir in den äusseren und mittleren Schichten die queren Bündel vorzuherrschen, desgleichen durchweg, wie schon gesagt, in den dem Opticus angrenzenden Theilen.

Die äussere Begrenzung ist scharf und bestimmt. Man erkennt, dass zahlreiche lockere, abgeplattete Stränge mit ovalen Kernen besetzt, von ihr abtreten und den Tenon'schen Raum lamellär durchziehen. Auch an der Aussenfläche der Dura ist ein annähernd gleiches, nur nicht so deutliches Verhalten bemerkbar.

Hinsichtlich der Differenzirung der Chorioidea von der Sclera und der Ausbildung der suprachoroidealen Räume ist hervorzuheben, dass zahlreiche Balken zwischen beiden Häuten sich ausspannen und grössere Lücken begrenzen. Isolirt man einen derartigen Verbindungsbalken und breitet ihn flächenhaft aus, so erkennt man, dass einzelne Fibrillenbündel sich auffasern und ein feinstes Netzwerk etabliren, dem hier und da Zellkerne anhaften, welche mit körnigem Protoplasma umgeben sind. Etwa $\frac{3}{4}$ mm vom Sehnervenrande hören diese noch unvollkommenen suprachoroidealen Räume auf. Näher heran besteht nur eine spaltartige Lücke, die parallel der Aderhautoberfläche hinzieht und sich gleichfalls allmählig

verliert. Jedenfalls sind dem Nerven zunächst jene beiden Häute immer fest vereint.

Die Verflechtung der Fasern der duralen Scheide mit den mittleren und äusseren Theilen der Lederhaut vollzieht sich derartig, dass die längsfibrillären Bündel jener zur Höhe der Sclera angekommen, sich unter einem Winkel von ca. 110° nach aussen umzulegen beginnen. Indem sie nun relativ grosse circuläre Maschen zwischen sich aufnehmen, divergiren sie leicht, zumal nach aussen. Als bemerkenswerth wurde bereits hervorgehoben, dass die Sclera überhaupt gerade um das Eintrittsloch herum und auch in dem unmittelbaren Uebergangsbezirke der Dura optici schmaler ist, als etwa 0,75 mm weiter nach aussen. (So messe ich z. B. an ersterer Stelle durchschnittlich 0,65 mm und an letzterer 0,8 mm) Die Verjüngung ist an den Schnitten auch schon makroskopisch sichtbar, und zwar an der äusseren Seite des Eintrittsloches immer in höherem Grade als an der gegenüberliegenden. Hiermit scheint mir das Fehlen des Schnürringes im äussersten Fünftel zusammenzuhängen.

Die Pialscheide geht continuirlich sich verdickend in die innersten $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fünftel der Sclera, sowie in die eigentliche Chorioidea über. Es ist dies letztere ganz evident ersichtlich und fällt noch deshalb besonders auf, weil sich gewöhnlich zwischen dem Rande des Sehnerven und der in die innerste Sclera und Chorioidea sich verlierenden Pia ein verschiedenartig gestalteter Raum vorfindet. Derselbe hebt meist spaltartig an und verbreitet sich nach vorn, wo die vorspringende Lamina elastica ihn gegen das Augeninnere abgrenzt. Zweierlei kann hierselbst auf das allerbeste erkannt werden, einmal der besagte Connex der Chorioidea mit der pialen Scheide, deren lockere innere, längsfibrilläre Bündel bis zum Eintritte des Sehnerven in das Auge zu ver-

folgen sind, und zweitens, worauf ich weiter unten zurückkomme, die Einstülpung der Gefässe zwischen die Nervenbündel.

Der erste Punkt stellt sich meist so dar, dass zarte Fibrillen mit ovalen Kernen bogenförmig in die Chorioidea und zwar in das Stroma derselben umbiegen, zahlreiche circuläre Bündelchen zwischen sich nehmend. Die Chorio capillaris hört bereits 0,02 bis 0,04 mm vom Rande auf und noch etwas weiter davon die Schichte der kleinen Gefässe, an denen ich sowohl nach innen als nach aussen ein Sattler'sches endotheliales Häutchen sehen konnte. Die pialen Längsfibrillenbündelchen legen sich aber nicht unmittelbar an diese treppenförmige Endigung an, sondern es schieben sich zwischen beide circuläre Lagen ein, welche der bis an den Nervenrand vorspringenden Elastica, successive dünner werdend, folgen.

An manchen Präparaten bemerkt man auch noch einen weiteren Zusammenhang der Scheiden mit der Chorioidea. Es treten nämlich in der Fortsetzung der äusseren Fläche der Pia, oder der Arachnoidea optici einzelne derbe, hyalin aussehende, längsfibrilläre Bündel auf, welche parallel dem Nervenrande quer durch den Uebergangsbezirk der innersten Sclera und Chorioidea bis zur Glashaut ziehen, um an ihrer Aussenfläche in den eben erwähnten circulären Fasern zu enden.

Ueber die weitere Entwicklung der Dura optici ist wenig zu sagen: die einzelnen Bündel werden stärker, die innere Fläche glatter, dabei wandeln sich die zur Arachnoidea abtretenden Lamellen in jene glasischen Balken um, wie wir dieselben oben genauer beschrieben. Auch im Uebergangsbezirke vollzieht sich der definitive Abschluss bis zum Ende des 9. Monats.

Der Schnürring der äussersten Sclera tritt nämlich immer prägnanter hervor, und gleichzeitig verschwindet die hervorgehobene eigenthümliche Verdünnung dieser Gegend. Es dürfte sich also hierbei um ein Herüberwachsen der äussersten Sclera über die longitudinalen duralen Bündel handeln, demgemäss würden wir das Fehlen desselben, wie es bei hereditärer Myopie constant ist, ebenso wie das Zurücktreten der circulären Bündel in den mittleren Theilen als eine Hemmungsbildung aufzufassen geneigt sein.

Erheblicher verändert sich die *Arachnoidea optici* im 8. und 9. Monate. In die Augen springend ist besonders die bedeutende Verdünnung und die fortan grössere Gleichmässigkeit in der Dicke. Die Spaltung in zwei Lamellen lässt sich nicht mehr herbeiführen und man erkennt unschwer, dass das vielfach durchbrochene Netzwerk des Häutchens sowohl pial-, als duralwärts von flachen Zellplättchen überzogen wird. Es hat sich also eine Verschmelzung des Gewebes vollzogen, welches ursprünglich ebenso beschaffen war, wie die anderen Scheiden, von denen es sich durch Spaltenbildungen differenzirte*).

*) Die feineren Vorgänge der Entwicklung der *Arachnoidea* in den letzten embryonalen Monaten werden sich schwerlich an menschlichen Objecten constatiren lassen, denn es ist fast ausnahmslos an frühgeborenen Exemplaren eine Hyperämie der Meningen, und wofern der Abort sich schwierig vollzog, geradezu eine Entzündung derselben nachweisbar, die sich in typischer Form auch auf die umhüllenden Häute des Opticus fortsetzt. Ich besitze Präparate von einem Embryo des 9. Monats, an welchem eine solche floride Entzündung sogar bis zum Fundus zu verfolgen ist. Die Zwischenräume sind klaffend, die Pia ist enorm verdickt, die *Arachnoidea optici* aber derart gequollen und mit Randzellen infiltrirt, dass ihr Durchmesser bis 0,3mm misst.

Auch Blutungen zwischen den Scheiden fand ich in einzelnen Fällen.

Die weitere Entwicklung der Pia optici ist, nachdem die Scheidung in eine äussere circuläre und eine innere longitudinale Schichte bewirkt ist, nur hinsichtlich des Ueberganges in die Chorioidea bemerkenswerth. Derselbe ist noch im 8. und 9. Monate ganz deutlich nachweisbar. Jener spaltförmige Raum hat sich zwar fast ganz verloren, allein man sieht nicht nur dem Nervenrande zunächst längsfibrilläre Züge, die unzweifelhaft der Pia optici entstammen und bis zum Cavum oculi sich erstrecken, sondern auch die etwas nach aussen im eigentlichen Uebergangsgebiete erwähnten vom Zwischenscheidenraume an bis zur Elastica, manchmal sogar in doppelter, und dann einander paralleler Anordnung, reichen.

Im Uebrigen hängen die longitudinalen und circulären Fasergruppen der Pia optici ganz in derselben Weise mit der Sclera und mit dem Stroma der Chorioidea zusammen, wie das früher erörtert wurde. Die Festigkeit und das verfilzte Aussehen des den Nerven umfassenden Gebietes ist aber ein erheblich

Mit Berücksichtigung dieser Befunde werden wir, so zu sagen von selbst angeregt, auch für jene Fälle, wo nach schweren langdauernden Geburten sich eine congenitale Amaurose beim Kinde ausbildete, analoge Processe voranzusetzen. Es scheint mir dies bei weitem plausibler, als die Supponirung einer Quetschung im Foramen opticum, die ich zwar nicht immer ausschliessen will, die aber jedenfalls bei der späten Ossificirung gerade dieser Knochenabtheilungen viel seltener die Causa morbi abgeben dürfte. Die zur Atrophie führende Neuritis wird hierbei in mehrfacher Weise verursacht und weiterhin angefacht: erstens, durch die Entzündung in loco, sei es, dass sie fortgeleitet, sei es, dass sie durch Haemorrhagie veranlasst ist, zweitens, durch das Stauungsoedem in Folge der Compression der centralen Gefässe, drittens, durch das Uebergreifen der Entzündung von Arachnoidea und Pia optici auf das Septensystem und viertens, durch die lymphatische Stase.

höheres geworden. Allmählig treten nunmehr auch die später typischen Formen des Eintrittsloches hervor.

Nervenstamm.

Der Sehnervenstamm ist beim 5—6monatlichen Embryo, im Längsschnitt betrachtet, aus parallel angeordneten Nervenfaserbündeln mit dazwischen gelagerten, nahezu ebenso breiten Kernreihen aufgebaut. Beiderseits schliesst eine leicht cylindrische Zellenreihe, der eine scharf hervortretende, doppelt conturirt erscheinende, homogene, structurlose Membran aufsitzt, den Nerven gegen das gemeinsame Integument ab. In der Höhe des Eintritts der centralen Vene zähle ich durchschnittlich 20—22 Nervenfaserbündel, dahingegen in der Durchtrittsstelle durch die Chorioidea etwa 24—26. Gleichzeitig verjüngt sich hier der etwa 0,7 mm im Durchmesser haltende Stamm bis auf etwa 0,6 mm.

Die Nervenfaserbündel lassen die dünnen Nervenfasern, an denen noch keine Structur bemerkbar ist, ziemlich deutlich unterscheiden. Umgeben und zu Bündeln zusammengefasst werden die letzteren durch eine fein krümllich erscheinende Masse, die an guten Schnitten auch bereits jene später so charakteristische netzartige Querstreifung erkennen lässt.

Die Kernreihen sind, wie mir scheint, durchwegs doppelt und dem Verlaufe des Nerven parallel gestellt. Von einem Balkensysteme ist in dieser Zeit noch sehr wenig, zumal in der Nähe des Bulbus zu sehen. Nur mit ganz starken Vergrösserungen tritt es als feines, lockeres, längsfibrilläres, mit Kernen versehenes Bindegewebe, dünnwandige Gefässe umschliessend, hervor.

Es stellt sich ganz eclatant heraus, dass das fibrilläre Gewebe überhaupt nur durch die Einstülpung der Gefässe mit in das Innere des Nerven gelangt. Der genaue Vorgang einer Gefässeinstülpung erhellt aus der Fig. 1

Man sieht, dass das capillare Gefäss nicht nach Durchbrechung der randständigen Zone hineingelangt, sondern beide, Membran wie Zellen, vor sich herdrängt. Die Membran bleibt dabei scharf von der Gefässwandung, die nur aus Endothelien besteht, unterscheidbar und immer noch durch einen, wenngleich kleinen Raum getrennt. Es dringen nämlich mit dem Gefässchen einzelne lockere Längsfibrillen, denen auch Kerne eigen sind, gleichsam sich anschmiegend, mit zwischen die Nervenfaserbündel ein.

In dieser Weise senken sich, wie der Querschnitt lehrt, zahlreiche Gefässe in den Nervenstamm hinein und erzeugen einen innigen Zusammenhang dieses mit der Scheide. Erst im Foramen sclerae et chorioideae wird die Verbindung beider wieder eine losere. Ja, es findet sich hier sogar, mit Ausnahme des Randtheils der Lederhaut, zwischen Nerv und Chorioidea der bereits mehrfach erwähnte Spalt, welcher besonders hervorgehoben wurde, weil die Einstülpung der Gefässe in ihm leicht zu verfolgen ist.

Der Eintritt der centralen Vene findet etwa 1,1 bis 1,3 mm von der inneren Fläche der Chorioidea statt. Es begeben sich dabei der innere Theil des gemeinsamen Integuments mit in den Nerven hinein. Der Winkel, unter welchem der Verlauf nach der Nervenaxe stattfindet, ist nahezu ein rechter, so dass 0,1 mm dem Auge näher bereits die centrale Lage erreicht ist. Auf dem Wege hierher zweigen sich gewöhnlich 1 oder auch zwei Venenäste bulbärwärts ab. Die Begrenzung des die centralen Gefässe begleitenden fibrillären Gewebes ist eine durchaus bestimmte.

In dem geschilderten Verhalten tritt im 6. und 7. Monate keine grössere Aenderungen ein. Der Stamm des Nerven wird zwar stärker (1,1—1,5 mm im Durchmesser), aber lediglich durch ein Breiterwerden der Elemente. Denn

die Zahl der Nervenfaserbündel hat sich nicht vermehrt, auch hat ihr relativer Zahlenunterschied zwischen Eintrittsstelle der centralen Gefässe und Durchtritt durch die Chorioidea nicht zugenommen. Die Nervenfasern sind nur stärker und mehr in ihren Bündeln hervortretend. Ferner umspinnen und durchsetzen die Fortsätze der angelagerten Zellen die Bündel mit einem mehr sich markirenden Netzwerke. Desgleichen kennzeichnet sich das Balkensystem in höherem Grade.

Etwa 2,5mm von der Innenfläche der Chorioidea nimmt der Nerv die centrale Arterie und 0,3mm dem Bulbus näher auch die centrale Vene auf. An Schnitten aus diesem Entwicklungsstadium kann ich hinzufügen, dass die erstere ebenso in den Stamm des Nerven sich senkt, wie ich dies eben von der Vene beschrieb. Gewöhnlich bekommt man die topographischen Verhältnisse beider Gefässe nicht in einen Schnitt, weil nicht selten der Eintritt in verschiedenen Sektoren der Sehnervenperipherie erfolgt. Hat man aber solche Schnitte, so überzeugt man sich, dass die Arterie mehr Bindegewebe aus der Scheide mit sich hineinnimmt, als die Vene.

Die Form des Nerven wird durch die Einsenkung der centralen Gefässe insofern beeinflusst, als der kreisrunde Querschnitt vorübergehend sich in ein Oval umändert.

Die Umgrenzung der centralen Gefässe während des 7. Monats des foetalen Lebens ist folgende. So lange die Arterie allein in der Axe des Nerven fortläuft, ist sie in der Mitte eines vorwiegend runden, hell erscheinenden und gegen die Nervensubstanz scharf abgegrenzten Gewebes gelagert, welches Gewebe ausser einer Körnung und Krümelung, wie solche nach längerer Einwirkung von Müller'scher Flüssigkeit in ähnlicher Weise die Glaskörperoberfläche darbietet, und ausser zahlreich eingestreuten Kernen mit meist doppelten Kernkörperchen,

keine Structur erkennen lässt. Einzelne dieser Kerne zeigen auch einen, oder mehrere Fortsätze. Gesellt sich noch die Vene hinzu, so wird die helle Gewebszone breiter. Dabei verbleibt die Arterie zumeist in der Mitte derselben, während die Vene nach dem Rande zu sich verschiebt. Vergleicht man hiermit Längsschnitte, so nimmt man in dem hellen, krümlichen Gewebe zarte und lockere längsgerichtete Bindegewebsfibrillen wahr.

Hinsichtlich der Lamina cribrosa ist nachzutragen, dass dieselbe zwar schon im 5. Monate andeutungsweise zu sehen war, dass die Eigenthümlichkeit der Anordnung und die Stärke ihrer Septen aber erst in diesem Stadium sich eigentlich bemerkbar machen. Es stülpen sich nämlich dort, wo der spitze Fundus endet, einzelne stärkere Stämmchen aus dem Zinn-Jäger'schen Gefässkranze hinein, von relativ viel Gewebe umscheidet, welches auf dem langen Wege durch die Sclera sich angeschlossen. Auch durch jenen Raum zwischen Nerv und Chorioidea ziehen einzelne Zweige, die theils aus dem Zinn-Jäger'schen Kranze, theils aus der Chorioidea stammen.

Aus dem Vorgange der Einstülpung dieser bindegewebigen Lagen wird es leicht erklärlich, warum im späteren Leben erstens die Fibrillenmäntel der Septengefässe ovale Kerne führen und zweitens, warum stets glatte Flächen zwischen Nervenbündeln und Balken bestehen.

Im 8. Monate, sowie im neunten, nimmt der Durchmesser des Nervenstammes ganz beträchtlich, aber individuell äusserst verschieden zu. Der oft erwähnte Spalt-raum im Durchtrittsloche verschwindet und zwar dadurch, weil auch die innerste sclerale, ferner die choroideale Lamina durch die häufiger werdenden Gefässeinstülpungen in dieser Gegend sich aufbauen. Nur eine Andeutung des Raumes existirt fernerhin auch trotz der Septen insofern noch, als der Abstand des äussersten Nervenbün-

dels von der begrenzenden Wand grösser ist, als gewöhnlich und von einem eigenthümlichen, zackigen, glasigen Netzwerke erfüllt wird, dem polymorphe Zellplättchen mit runden oder ovalen Kernen eingelagert sind.

Wichtig ist bei der Constituirung des Eintrittsloches, dass, abgesehen von der *Elastica chorioideae*, der feste Connex dieses mit dem Nerven sich von aussen nach innen, d. h. erst im Gebiete der *Sclera* und dann in dem der *Chorioidea* vollzieht, Schritt haltend mit der Ausbildung der *Lamina*.

Betreffs der Entwicklung des „intermediären Gewebes“ füge ich noch kurz hinzu, dass im fünften resp. sechsten Monate die gewöhnlich leicht cylindrische, randständige Zellenlage mit scharfem, doppelt conturirtem Rande dort, wo der chorioideale Ring eine, wenngleich nur geringe, Verengerung des Nervenstammes bedingt, gleichfalls dünner wird. Randmembran, sowie *Lamina elastica* der *Chorioidea* sind hierbei nicht selten in so innigem Contacte, dass, wenn man mit der Nadel unter dem Präparirmikroskope eine Trennung veranlassen will, die Randmembran mit, oder ohne Zellenlage dem Ringsegmente folgt. Dieser Umstand legte mir anfangs den Verdacht nahe, es gehen beide in einander über, ein Verdacht, der indess eliminirt wurde, als im weiteren Verlaufe der Untersuchung sich zeigte, dass dieses Verhalten keineswegs ein beständiges sei. Vielmehr sieht man in der Regel Zellenlage mit Membran fast rechtwinklig um die *Chorioidea* biegen und sich nun der Innenfläche dieser parallel erstrecken.

Besonders interessant war es aber zu constatiren, dass jener membranöse Randcontur direct in die *Limits externa retinae* übergeht und dass auch die besagte Zellenlage, welche retinalwärts durch Aufnahme immer neuer Schichten keilartig mächtiger wird, sich in allerdings äusserst variabler Weise in die inneren und äusseren Körnerschichten der Netzhaut fortsetzt.

Diese Facta sind nicht immer und auch nicht leicht an jedem Präparate zu demonstrieren. Der Grund liegt daran, dass gerade an der Uebergangsstelle in die Retina bei nur einigem Manipuliren mit dem Schnitte leicht eine Berstung stattfindet. Deshalb drängte sich auch die Vermuthung auf, ob die Limitans externa retinae, sowie die Grenzmembran nicht vielleicht in loco endigen, resp. ob die Limitans nicht um den äussersten Rand der beginnenden Netzhaut herumlaufe und sich gewissermassen zurückschlage. Dies ist indess, wie mich zahlreiche Präparate lehrten, nicht der Fall.

Die Endigung der Zellenlagen des intermediären Gewebes findet derart statt, dass ein Theil, gewöhnlich der innerste, dem Nervenbündel weiter verbleibt, während von den anderen einzelne in den Körnerschichten, welche eben ihre Differenzirung in innere und äussere vollziehen, sich einmengen. Bei weitem die Mehrzahl fällt dabei den inneren Körnern zu, daneben aber auch einzelne der äusseren Körner-, der moleculären und Ganglien-Schicht.

In den späteren Monaten wird der stäbchenfreie Raum, d. h. eben der intermediäre Raum zwischen Rand der Glashaut und beginnender Netzhaut grösser. Zudem bildet sich zwischen den Zellen ein spongiöses Gewebe aus, welches beim Neugeborenen eigenthümlich filzig, eckig und zackig ist und welches sich jetzt gleichfalls in die inneren Netzhautschichten, besonders die moleculäre und innere Körnerschicht partiell verfolgen lässt.

Auch die wenigen Fälle möchte ich erwähnen, wo es möglich war, lockere, längsfibrilläre Fasern über den Ring der Elastica hinein in's Augeninnere bis 0,1 mm der Membran anliegend, ziehen zu sehen.

Durch den Nachweis des Ueberganges der Randmembran in die Limitans externa retinae dürfte die An-

gabe Schwalbe's, dass bei Injection durch Einstich unter die Pia optici sich ein spaltartiger Raum zwischen Netzhaut und Pigmentepithel füllen kann, nicht nur bestätigt, sondern sogar erklärt sein.

Zum Schlusse der Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, den Herren Professoren J. Arnold, O. Becker und W. Kühne für die liberale Ueberlassung einschlägigen Materials und für das theilnehmende Interesse, womit dieselben meiner Arbeit folgten, den herzlichsten Dank zu sagen.

Literatur.

1. Hildebrandt: Anatomie, III. Band.
2. Chaussier und Ribes: Meckel's Archiv, Bd. IV.
3. Hirzel: Tiedemann und Treviranus, Zeitschrift für Physiologie, I.
4. Tiedemann: Tiedemann und Treviranus, Zeitschrift für Physiologie, I.
5. Langenbeck: Icones anat. fasc., III.
6. F. Arnold: Anatomische und physiologische Untersuchungen über das Auge des Menschen. 1832.
7. J. Hyrtl: Berichtigungen über das Ciliarsystem des menschl. Auges. Oesterreichische medic. Jahrbücher. Bd. 28.
8. M. Erdl: Disquis. anat. de oculo. Part. I.
9. Henle: Allgemeine Anatomie. 1841.
10. C. F. F. Krause: Handbuch der menschlichen Anatomie. Bd. 1.
11. Longet: Anatom. et physiol. de système nerv. 1842.
12. B. Beck: Ueber die Verbindung des Sehnerven mit dem Augen- und Nasenknoten. 1847.
13. E. Brücke: Anatomische Beschreibung des menschlichen Augapfels. 1847.
14. Bowman: Lect. of the parts concernt in the Operat. the Eye. London 1849.
15. Kölliker: Microscopische Anatomie. II. Bd.
16. Friedrich Arnold: Handb. der Anatomie des Menschen. II.
17. Hassall's Mikroskopische Anatomie. 1852.
18. A. Hannover: Das Auge. 1852.
19. H. Sahmen: Disquisit. microscop. de chiasm. optici textura. Dissertatio Dorpati. 1854.
20. Kölliker u. H. Müller: Retinatafel in Icones physiologicae. Herausgegeben von A. Ecker. III. 1854.

21. Donders, F. C.: Verslagen en mededeelingen der Kon. Academie van wetenschappen. D. I.
22. Donders, F. C.: Ueber die sichtbaren Erscheinungen der Blutbewegungen im Auge. Arch. f. Ophthalm. I.
23. Kölliker: Gewebelehre.
24. H. Müller: Ueber Niveauveränderungen an der Eintrittsstelle des Sehnerven. Arch. für Ophthalm. IV. Gesammelte Schriften, pag. 345, ff.
25. R. Loewig: Beiträge zur Morphologie des Auges. 1858.
26. v. Ammon: Zur genauen Kenntniss des Nervus opticus, namentlich dessen intraocularen Endes. Prager Vierteljahrsschrift für prakt. Heilkunde. 17. Jahrg. 1860. 1. Bd.
27. Klebs: Zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. Virchow's Archiv. 19.
28. v. Jäger: Ueber die Einstellungen des dioptrischen Apparates im menschlichen Auge. Wien 1861.
29. Th. Leber: Anatomische Untersuchungen über die Blutgefäße des menschlichen Auges. Denkschriften der Wiener Academie. 24. Bd. 1865.
30. Henle: Handbuch der Anatomie. Eingeweidelehre. 1866.
31. W. His: Lymphgefäße der Retina. Verhandlung der naturforschenden Gesellschaft in Basel. IV. Bd. 1865. S. 256.
32. C. Sappey: Recherches sur la structure de l'enveloppe fibreuse des nerfs (Comptes rendus 4. Novembre 1867). Journal de l'anatomie. Vol. V. 1868.
33. Th. Leber: Beiträge zur Kenntniss der atrophischen Veränderungen des Sehnerven nebst Bemerkungen über die normale Structur des Nerven. Archiv für Ophthalmologie, Bd. XIV. 2. 1868.
34. C. Schwalbe: Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. I. Theil. M. Schulze's Archiv. Bd. VI. 1869.
35. H. Schmidt: Zur Entstehung der Stauungspapille (Neuritis optica intraocularis) bei Hirnleiden. Archiv f. Ophthalm., Bd. XV. 2, 1869.
36. W. Manz: Experimentelle Untersuchungen über Erkrankungen des Sehnerven in Folge von intracraniellen Krankheiten. Archiv f. Ophthalm., Bd. XVI., 1.
37. Axel-Key u. G. Retzius: Nordiskt medicinsk Arkiv. Bd. 2, Nr. 6, 13, 46. Referat, Jahresbericht von Virchow und Hirsch.
38. Henle: Nervenlehre 1871.
39. J. Michel: Beiträge zur näheren Kenntniss der hinteren Lymphbahnen des Auges. Arch. f. Ophth. Bd. XVIII. 1., 1872.

40. G. Schwalbe: Ueber Lymphbahnen der Netzhaut und des Glaskörpers. Berichte der Königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1872.
41. J. Wolfring: Beitrag zur Histologie der Lamina cribrosa sclerae. Archiv für Ophthalm., Bd. XVIII., 2, 1872.
42. Th. Leber: Bemerkungen über die Circulationsverhältnisse des Opticus und der Retina. Archiv für Ophthalmologie, Bd. XVIII., 2. 1873.
43. Merkel: Makroskopische Anatomie des Auges. Graefe-Sämisch's Handbuch für Augenheilkunde. Bd. I.
44. Waldeyer, W.: Mikroskopische Anatomie der Cornea, Sclera etc. Graefe-Sämisch, Handb. für Augenheilkunde. Bd. I.
45. Schwalbe: Mikroskopische Anatomie des Sehnerven, Graefe-Sämisch I.
46. Axel-Key und Retzius: Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes.
47. Loewe: Beitrag zur Anatomie des Auges. Zur Histogenese der Retina nebst vergleichenden Bemerkungen über die Histogenese des centralen Nervensystems. Arch. f. mikroskopische Anatomie. Bd. XV.
48. W. Krause: Die Nerven der Arteria centralis retinae, sowie über eine Fovea centralis beim Frosch. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XXI.
49. W. Krause: Handbuch der Anatomie.
50. H. Kuhnt: Die markhaltige periphere Nervenfasern. Max Schultze's Archiv. 1876.
51. Ewald u. Kühne: Die Verdauung als histologische Methode.
52. Sattler: Ueber den feineren Bau der Chorioidea des Menschen nebst Beiträgen zur pathologischen und vergleichenden Anatomie der Aderhaut. Graefe's Archiv für Ophthalm., Bd. XXII., 2.
53. Rumpf, Theod.: Zur Histologie der Nervenfasern und des Axencylinders. Untersuch. a. d. physiol. Institute zu Heidelberg. Bd. II.
54. Becker, O.: Ueber isolirte Aderhautreptur, ihre Entstehung und die von ihr verursachte Netzhautpigmentirung. Klinische Monatsblätter f. Augenheilkunde.
55. Kühne, W.: Zur Histologie der motorischen Nervenendigung. Untersuch. a. d. physiol. Inst. zu Heidelberg. Bd. II.
56. Tizzoni, G.: Sulla patologia del tessuto, nervoso osservazioni ed esperimenti sulla istologia normale e patologica della fibra nervosa. Archivio per le scienze mediche. III.

Erklärung der Figuren auf Tafel V.

Fig. 1. Stück von dem Spaltraum zwischen Nerven und Choroidea im Durchtrittsloche eines 6monatlichen Embryo. Müller'sche Flüssigkeit. Hämatoxylin. c, Choroidea. b, Gefäss. a, Spaltraum mit lockeren Längsfibrillen. d, Structurlose, doppelconturirte Randmembran. e, randständige Zellenlage des Sehnerven. f, sich einstülpendes Capillarrohr mit Blutkörperchen.

Zeiss. Immers. II. Ocul. III.

Fig. 2. Querschnitt eines longitudinalen Septum, 4 Septula abgebend. Markhaltiger Theil des Nerven. Mensch, 40 Jahre. Müller'sche Lösung, Alkohol, Hämatoxylin.

a, Gefässlumen. b, aus den seitlichen Septulis umbiegende Fasern. c, ovale Kerne zwischen den Fibrillenscheiden.

Zeiss. E. Ocul. IV.

Fig. 3. Centraler Bindegewebs - Meniscus aus einem emmetropischen Auge eines 35jährigen Menschen. Müller'sche Lösung, Alkohol, Carmin, Nelkenöl, Canadabalsam.

a, Querschnitt eines ersten Theilungsastes der Arterie im Grunde der physiologischen Excavation. b, Theil des centralen Bindegewebsstranges, der Gefässwandung anliegend. c, centraler Bindegewebsmeniscus, allmählig dünner werdend und in die Limitans interna retinae auslaufend (c). g, Verbindungsbrücke des centralen Bindegewebs - Meniscus. d, communicirende Hohlräume. f, perivasculäre Scheiden des arteriellen Astes a. h, der Papille zugewandte Fläche der beginnenden Limitans interna retinae, granulirt und uneben.

Zeiss. C. Ocul. IV.

Fig. 4. Isolirtes NeurogliaNetz mit Kernen aus dem Opticus, markhaltiger Theil eines 50 Jahre alten Menschen. Alkoholäther-Behandlung. Schüttelpräparat. Hämatoxylinfärbung, Nelkenöl, Canadabalsam.

aa, Neurogliazellen. Hartnack IX. Ocul. IV.

Fig. 5. Neurokeratinnetz aus dem Opticus (markhaltiger Theil) eines 30jährigen Menschen. Alkoholäther - Behandlung, Kochen in Alkohol, Kochen in Wasser, 24stündige Verdauung in einer kräftigen angesäuerten Trypsinlösung. Längere Behandlung mit $\frac{1}{2}$ proc. Natronlauge. Glycerin.

Zeiss. E. Ocul. IV.

Fig. 6. aa, isolirte Neurogliakerne zwischen Eintritt der centralen Gefässe und der Lamina cribrosa eines 12jährigen Mädchens. Osmiumsäure 1proc. Glycerin.

Zeiss. Immers. II. Ocul. III.

Fig. 7. Isolirte Nervenfasern von 0,0025 mm Durchmesser aus dem Opticus, markhaltiger Theil eines etwa 20jährigen Individuum. Osmiumsäure 1 pCt., Wasser, Glycerin.

b, Axencylinder mit Scheide. c, Markeylinder. a, Schaltstück,

Fig. 8. Wandung der Arteria centralis nahe der Lamina cribrosa aus dem Auge eines 45jährigen Mannes.

a, Endothel. b, Elastica. c, Muscularis. d, perivaskuläre Umscheidungen. e, centraler Bindegewebsstrang. f, abtretender Balken.

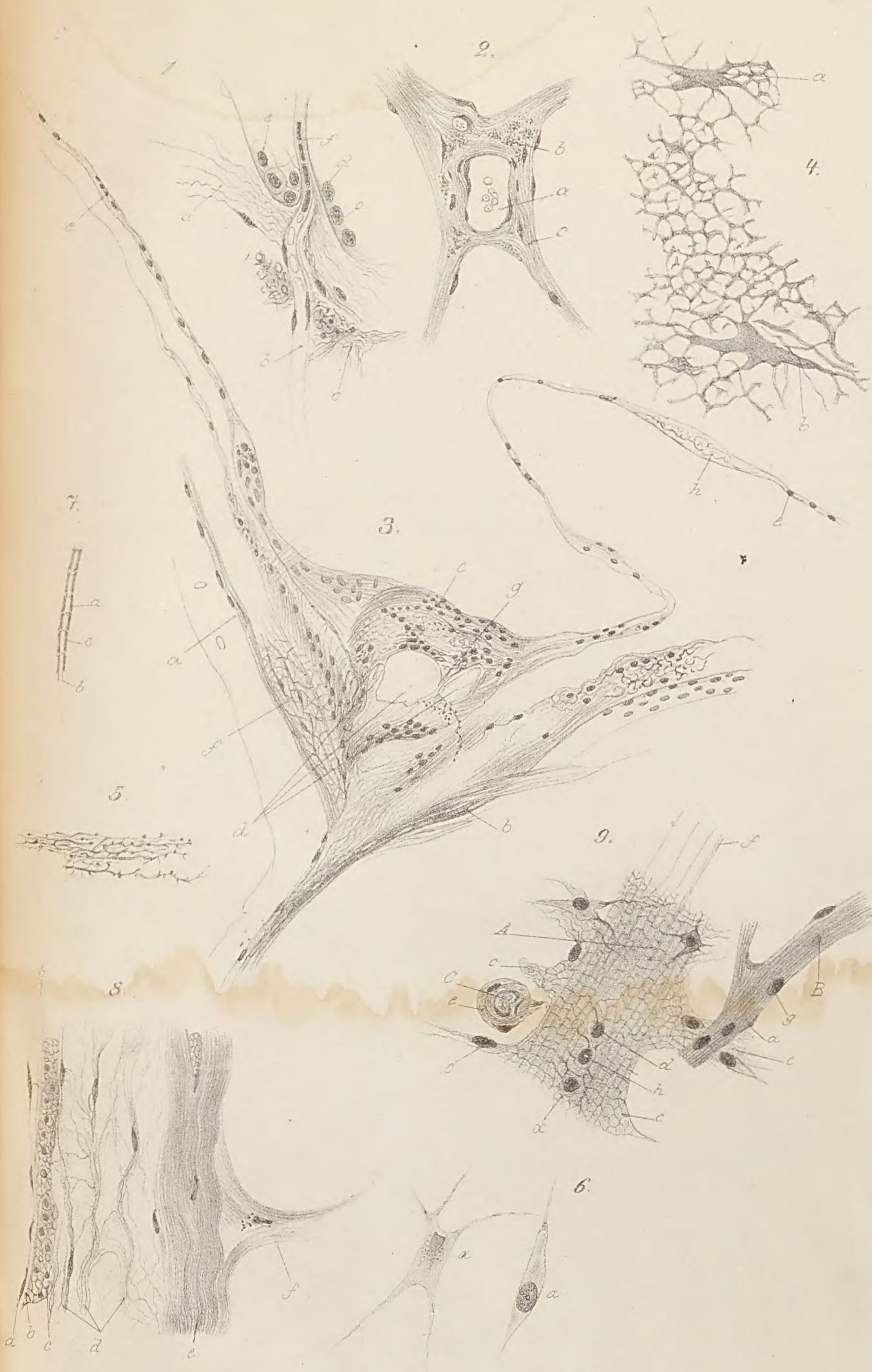
Zeiss. E. Ocular IV.

Fig. 9. Nervenfaserbündel aus dem Opticus eines etwa 15jährigen Mädchens, 7 mm von der Lamina cribrosa. Müller'sche Lösung, Hämatoxylin, Nelkenöl, Canadabalsam.

A. Nervenfaserbündel, an welchem bei f einzelne Fasern isolirt hervorragen. Die Fasern werden von der Neuroglia umkittet, in welche die aufgelagerten zahlreichen Neurogliakerne einzelne Fortsätze hineinsenden. Bei x findet sich ein Spaltraum, der von quer -(d) und längs -(h) gestellten Neurogliazellplättchen eingenommen wird. Die Glia giebt mehrfache Verbindungsäste c, c, c zu benachbarten primären Bündeln ab.

B, ein Balken von der Fläche. a, g ovale Kerne.

C, ein stärkerer Balken im Querschnitt. Zwischen den Fibrillen und auf der Oberfläche einzelne ovale Kerne, die mit Hämatoxylin sich lebhaft färben.



Kuhnt, Hermann

Zur Kenntniss der Sehnerven und der Netzhaut I. Structur des Sehnerven,
als Habilitationsschrift der Univ. Erlangen

Berlin 1879

Anat. 250

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11385958-5